

UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

MEMOIRE PRESENTE A
UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN PSYCHOLOGIE

PAR
MARGUERITE LABONTE

MISE EN EVIDENCE DE L'ATAXIE OPTIQUE
CHEZ LES ACALLEUX

JANVIER 1991

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

Table des matières

Chapitre premier	Contexte théorique et expérimental . . .	1
	Description de l'ataxie optique	2
	Localisation des lésions provoquant l'ataxie optique	6
	Asymétrie hémisphérique de l'ataxie optique	7
	Description des voies sensorielles et motrices	9
	L'asymétrie fonctionnelle des hémisphères au niveau moteur	17
	Le rôle du corps calleux et le syndrome de déconnexion	19
	Données contradictoires	26
	But de l'expérience et hypothèse	30
Chapitre II	Description de l'expérience	32
	Sujets	33
	Tests pré-expérimentaux	39
	Test expérimental	43
Chapitre III	Analyse des résultats	52
	Résultats aux tests pré-expérimentaux	53
	Analyse des résultats	57
	Résultats à la cible d'orientation	57
	Résultats à la cible de Kuypers	92
Chapitre IV	Interprétation des résultats et discussion . .	129
	Difficultés expérimentales	131

Discussion des résultats au disque d'orientation . . .	136
Discussion des résultats au disque de Kuypers	139
Discussion générale	144
Appendice A Exemples de protocole d'expérimentation et feuilles d'analyse d'image	155
B Disque d'orientation: tableaux détaillés . . .	160
C Disque de Kuypers: tableaux détaillés	169
Remerciements	179
Références	180

Sommaire

L'ataxie optique est un trouble spécifique d'incoordination visuo-motrice habituellement observé suite à une lésion pariétale; elle peut également être observée consécutivement à diverses lésions impliquées dans la synthèse visuo-motrice. Plus récemment, elle a été observée chez des sujets nés sans corps calleux; en effet, les agénésiques présentent une imprécision visuo-motrice imitant, en certaines circonstances, les lésions pariéto-occipitales.

La présente recherche a pour but de vérifier l'existence d'ataxie optique croisée bilatérale chez des sujets ayant subi une callosotomie complète ou des deux tiers antérieurs du corps calleux et chez des sujets atteints d'agénésie calleuse. Pour mettre en évidence le déficit distal, cette étude a porté sur les erreurs commises par les sujets effectuant un geste de précision unimanuelle vers une cible visuelle dans le champ ipsilatéral et dans le champ controlatéral à la main utilisée. Deux tâches différentes ont été choisies: la première demandant une orientation correcte de la main relativement à l'ouverture de la cible et la seconde demandant une préparation correcte de la pince du pouce et de

l'index, cette pince devant également être orientée correctement pour saisir un objet.

Les résultats démontrent que les sujets agénésiques et les sujets callosotomisés font preuve d'une ataxie optique croisée bilatérale et d'une ataxie directe unimanuelle gauche. L'asymétrie constatée en faveur de l'hémisphère gauche est interprétée comme une confirmation du rôle prédominant joué par cet hémisphère dans la programmation visuo-motrice volontaire sur tout le corps, ce qui expliquerait la faible performance de l'hémisphère droit quand il est isolé du gauche.

Le sujet callosotomisé ayant conservé un splénium fonctionnel n'effectue pas de transfert direct de l'information visuelle vers l'hémisphère controlatéral quand sa main doit effectuer la réponse motrice du côté du champ visuel stimulé. Une discussion sur le point critique de transfert interhémisphérique pour le geste guidé visuellement nous amène à le situer plus à l'avant du splénium, probablement derrière le genou du corps calleux, à l'endroit où passent les fibres corticales en provenance de la région prémotrice et de l'aire motrice supplémentaire.

Chapitre premier

Contexte théorique et expérimental

Description de l'ataxie optique

Il a été établi récemment (Perenin et Vighetto, 1988) que l'ataxie optique est un trouble visuomoteur spécifique affectant à la fois les composantes proximales et distales du geste d'atteinte et d'orientation de la main vers une cible en l'absence de tout déficit visuel. Il s'exprime surtout par une maladresse dans le champ visuel controlatéral à la lésion, mais il peut aussi se manifester par un déficit de la main, indépendamment du champ visuel stimulé comme en font état les études portant sur des lésions pariétales (Tzavaras et Masure, 1976; Perenin et al., 1979; Ferro, 1984; Perenin et Vighetto, 1988).

Types d'ataxie optique

Rondot, de Recondo et Ribadeau Dumas (1977) ont procédé à une étude systématique des diverses manifestations d'ataxie optique en tentant de situer les connexions visuomotrices corticales interrompues et les voies directes et/ou croisées pouvant assurer le transfert d'information. A partir de leur étude, De Renzi (1982) a proposé un modèle rendant compte de toutes les lésions possibles provoquant l'ataxie optique. Deux grandes catégories d'ataxie peuvent être

décrites selon qu'elles affectent un seul champ visuel (ataxie unilatérale) ou les deux champs visuels (ataxie bilatérale).

A. Ataxie unilatérale

A.1 Ataxie unilatérale des deux mains

L'ataxie unilatérale bimanuelle est la forme d'ataxie visuo-motrice la plus fréquente. Elle a été décrite par Castaigne et al., (1975), Cole et al., (1962), Garcin et al., (1967), Rondot et al., (1977), Stenvers (1961), Tzavaras et Mazure (1976). Le trouble se présente ainsi: les deux mains sont déficitaires dans le même hémichamp visuel controlatéral à la lésion. Cette ataxie est à la fois directe et croisée (Rondot, 1978); elle serait provoquée par une lésion interrompant à la fois les connexions ipsilatérales et controlatérales reliant le cortex visuel de l'hémisphère atteint avec les régions motrices des deux hémisphères.

A.2 Ataxie unilatérale de la main controlatérale

L'ataxie unilatérale de la main controlatérale se manifeste dans le champ controlatéral à la lésion et seulement pour la main ipsilatérale à ce champ visuel. Des observations de cette forme d'ataxie ont été rapportées par Castaigne et al., (1975); Tzavaras et al., (1975) et Tzavaras et Mazure (1976). Cette ataxie est directe (Rondot, 1978); en effet la

lésion interrompt apparemment les connexions visuomotrices intrahémisphériques mais non pas les connexions interhémisphériques.

A.3 Ataxie unilatérale de la main ipsilatérale

L'ataxie unilatérale de la main ipsilatérale à l'hémisphère lésé témoigne d'une maladresse de cette main dans le champ controlatéral à la lésion. Cette ataxie est croisée (Rondot, 1978) mais elle n'a été rencontrée qu'en phase de récupération chez des patients souffrant auparavant d'un déficit bimanuel (Garcin et al., 1967; Rondot et al., 1977). La lésion responsable provoquerait une interruption des connexions occipito-frontales croisées d'un seul côté.

B. Ataxie bilatérale

Cette ataxie touche les deux hémichamps visuels et les deux mains dans les cas observés par Holmes (1918), par Rondot et al. (1977) pour le cas no. 4 et par Damasio et Benton (1979). Les lésions bilatérales à la jonction pariéto-occipitale interrompraient le transfert de l'information intra et interhémisphérique vers les centres moteurs.

Malgré une atteinte bilatérale pariéto-occipitale, il existe des cas où l'ataxie n'affecte que la main droite ou que la main gauche dans les deux champs visuels comme en témoignent

les observations respectives de Balint (1909) et de Hécaen et al. (1950). De Renzi (1982) a émis l'hypothèse d'une ataxie bilatérale unimanuelle pour le cas rapporté par Levine et al. (1978) à cause d'une lésion supérieure pariétale droite isolant l'un des cortex moteurs des afférences occipitales controlatérales et ipsilatérales (ce patient présentant également une difficulté d'atteinte de la main droite dans le champ gauche).

Deux autres formes d'ataxie bilatérale ont été proposées par Rondot, de Recondo et Ribadeau Dumas (1977): l'ataxie directe bilatérale et l'ataxie croisée bilatérale. L'ataxie directe bilatérale serait causée par une lésion simultanée dans les deux hémisphères des voies occipito-frontales, provoquant une maladresse de la main dans le champ homonyme seulement; un tel cas n'a encore jamais été rapporté dans la littérature. Enfin, l'ataxie croisée bilatérale hypothétisée par Rondot et al. (1977) se manifesterait par un déficit dans la localisation et l'atteinte d'un objet dans un hémichamp avec la main controlatérale. Cette forme d'ataxie serait causée par une lésion calleuse puisqu'elle a été observée chez les patients commissurotomisés pour traitement de l'épilepsie. Les patients de Gazzinaga (1969), lors d'une présentation visuelle de 100msec ne s'adressant qu'à un seul

hémisphère, ne parvenaient pas à toucher le bouton qui avait été allumé avec la main controlatérale au champ visuel stimulé.

Localisation des lésions provoquant l'ataxie optique

Dans une recherche récente, Perenin et Vighetto (1988) ont fait l'analyse comparée des images produites par CT scan de patients souffrant de lésions hémisphériques unilatérales de l'aire pariétale et présentant une ataxie optique. Ils ont pu identifier une implication constante du cortex pariétal postérieur et très souvent de la matière blanche sous-jacente, comportant toujours le sillon intrapariétal et soit la partie supérieure du lobule pariétal inférieur, soit plus fréquemment diverses parties du lobule pariétal supérieur. Cette étude de cas a permis de dissocier topographiquement l'ataxie optique de la négligence hémispatale dont la lésion responsable se présente aussi dans la région pariétale, mais étant centrée dans la région ventrale du lobule inféro-pariétal et située à la jonction pariéto-temporo-occipitale (Vallar et Perani, 1986: voir Perenin et Vighetto, 1988).

D'autres lésions peuvent également être liées à l'ataxie optique; Hécaen et de Ajuriaguerra (1954) ont rapporté une lésion du lobe frontal tandis que Ferro et al.,

(1983) et Ferro (1984) ont rapporté une lésion du corps calleux responsable d'une ataxie optique croisée. Chez les dix patients de Perenin et de Vighetto (1988), outre les lésions pariétales, des lésions frontales étaient présentes dans trois cas et un seul cas présentait une déconnexion calleuse.

Les conclusions de cette dernière étude sont concordantes avec l'opinion de Mountcastle et al. (1980) qui, à partir de données anatomiques et de l'enregistrement de l'activité électrique de cellules pariétales chez le singe en action, ont suggéré l'existence de sous-régions pariétales agissant comme des modules fonctionnels possédant leurs propres afférences et efférences.

Asymétrie hémisphérique de l'ataxie optique

Les observations de Perenin et Vighetto (1988) les incitent à conclure que les mécanismes responsables des composantes proximales et distales des mouvements de la main guidés visuellement sont contrôlés par le cortex pariétal et qu'une asymétrie hémisphérique existe dans l'organisation de ces mécanismes. En effet, l'ataxie optique se présente de façon différente dans les deux hémisphères. Les patients souffrant de lésions pariétales droites présentent un déficit dans le champ visuel controlatéral à la lésion avec l'une ou l'autre main. Les patients souffrant de lésions pariétales gauches présentent

également un déficit dans le champ controlatéral à la lésion, mais aussi un déficit de la main controlatérale qui est parfois plus important que l'effet de champ. Il en ressort que l'atteinte lésionnelle est plus sévère pour une localisation gauche même si les patients concernés corrigent plus facilement leurs erreurs que les patients souffrant de lésions droites.

La présente étude porte sur l'implication du corps calleux sur le phénomène d'ataxie optique qui a été constaté chez les patients à cerveau divisé et chez les agénésiques (Benoit, 1987). Ainsi, il y aurait d'une part une zone corticale précise d'intégration des diverses informations intéro et extéroceptives et de contrôle du guidage visuel des doigts et de la main dans la région postérieure du lobe pariétal, mais il y aurait d'autre part des connections calleuses qui, si elles sont lésées ou absentes, produisent également un déficit d'atteinte et de préhension. Il convient d'abord de décrire les voies sensorielles impliquées dans le guidage visuel de la main et par la suite de faire un survol des études portant sur le pointage et la préhension.

Description des voies sensorielles et motrices

Les voies optiques

La rétine de l'oeil reçoit les champs visuels de façon inversée; ainsi la partie temporale de la rétine correspond à la partie nasale du champ visuel et l'impression recueillie au bas de la rétine provient du sommet du champ visuel.

Les afférences des photorécepteurs de la rétine sont acheminées aux cellules ganglionnaires du nerf optique, puis réorganisées au niveau du chiasma optique. Les fibres provenant de chaque hémirétine nasale se croisent au niveau du chiasma optique pour se diriger vers le corps genouillé controlatéral; alors que les fibres provenant des hémirétines temporales, bien que passant par le chiasma optique, se rendent sans croisement au corps genouillé ipsilatéral. A partir du chiasma, c'est à dire au moment de leur entrée dans le cerveau, les ganglions se divisent en des voies distinctes. Le faisceau le plus important, appelé la bandelette optique, se dirige vers le corps genouillé latéral du thalamus. Les six couches de ce noyau conservent l'information selon la même organisation qu'à la sortie de la rétine (Kolb et Whishaw, 1985). De là, s'étendent les radiations optiques vers les zones de projection de la région occipitale. Ainsi, le cerveau gauche, recevant les

informations de l'hémirétine nasale de l'oeil droit et de l'hémirétine temporale de l'oeil gauche, voit ce qui est présenté dans le champ visuel droit et inversement pour le cerveau droit.

Cette dichotomie de la représentation controlatérale des champs visuels n'est pas absolue. En effet, le centre maculaire de la rétine (la fovéa centralis) reçoit l'information visuelle des deux champs à la fois. Il s'agit d'un espace s'étendant de 2 degrés de part et d'autre du centre du méridien visuel passant par la fovéa. Les fibres maculaires sont à la fois directes et croisées de manière égale suivant la même voie que les fibres hémirétiniennes.

La représentation de l'impression recueillie sur chaque région de la rétine occupe une région bien définie de la scissure calcarine (aire 17). Le centre du champ visuel recueilli par chaque rétine est projeté également dans les deux hémisphères; leur point de projection terminal est à l'arrière du cerveau. Plus antérieurement et vers l'intérieur du cerveau, se trouve la représentation périphérique. La partie supérieure du champ visuel est représentée sous la fissure calcarine, alors que la partie inférieure du champ visuel est représentée au-dessus de cette fissure.

La voie décrite ci-haut est appelée la voie géniculostriée ou géniculocalcarine; son rôle est proprement visuel, c'est par cette voie que s'opère la reconnaissance des formes. Kolb et Whishaw (1985) ajoutent qu'elle est aussi impliquée dans la perception de la couleur et dans l'analyse de pattern. Classiquement, on reconnaît une seconde voie traitant l'information visuelle, la voie tectopulvinaire (Kolb et Whishaw, 1985) ou le système visuel primitif (Botez, 1987); elle comporte une partie des fibres en provenance du chiasma optique passant par le colliculus supérieur (tubercule quadrijumeau supérieur), le noyau LP (latéro-postérieur) et le pulvinar du thalamus. Les fibres de la voie tectopulvinaire se joignent par la suite au système géniculostrié aux environs des aires 18 et 19 de la scissure calcarine. On reconnaît habituellement à la voie tectopulvinaire un rôle dans la localisation des stimuli visuels (détection et orientation de l'objet dans l'espace, de même que la poursuite oculaire).

Sans nier le rôle spatial du système visuel tectopulvinaire, une école de chercheurs avec Mishkin comme chef de file, est d'avis que la voie rétino-tectale contribuerait de façon subsidiaire à la vision spatiale et surtout dans ses aspects visuomoteurs. Ils proposent une nouvelle conception d'une dichotomie s'établissant à partir de l'aire striée et impliquant que tout l'appareil géniculostrié

serait responsable du transport de l'information visuelle concernant la forme et la localisation. Ils considèrent qu'à partir de l'aire striée en passant par l'aire préstriée il y aurait une divergence des fibres, donc de l'information visuelle, vers la région inférotemporale et vers la région postéropariétale (la première étant impliquée dans la reconnaissance de l'objet et la seconde dans l'analyse spatiale). Ces chercheurs se basent sur des études comportementales, électrophysiologiques et anatomiques qu'ils ont menées sur le singe rhésus en pratiquant des lésions sélectives dans la région occipitale épargnant l'aire striée. Les fibres divergentes emprunteraient une voie ventrale (occipito-temporale) via le faisceau longitudinal inférieur aboutissant dans la région inféro-temporale du cortex et une voie dorsale (occipito-pariétale) via le faisceau longitudinal supérieur passant par la région postérieure pariétale et aboutissant dans le lobe frontal (Ungerleider et Mishkin, 1982).

Système somato-sensoriel

Il existe une projection directe des récepteurs somatosensoriels très développée à partir des parties distales des membres. Dans la moelle épinière, les afférences somato-sensorielles forment des connections mono ou disynaptiques avec

les neurones moteurs. Le système somato-sensoriel comporte deux sous-systèmes décrits ci-après. Le sous-système lemniscal, d'abord, emprunte la voie rapide des cordons postérieurs de la moelle épinière; il est concerné par le tact épicritique (permettant une conscience spatiale et discriminative des impressions tactiles) et par la proprioceptivité consciente (sensibilité profonde musculaire et articulaire permettant la conscience de la position des différentes parties du corps et la calibration de ses mouvements). Le second sous-système véhiculant la douleur et la température est organisé différemment; les fibres en provenance des récepteurs font synapse dans la corne dorsale de la colonne vertébrale et traversent la ligne médiane à ce niveau pour former la voie latérale spinothalamique allant directement au thalamus. Les voies responsables du toucher protopathique (tact grossier) traversent également la moelle contralatérale pour constituer le faisceau spino-thalamique antérieur et se mêler au lemniscus médian qui atteint le thalamus (Dubret et Cousin, 1985).

L'aire somesthésique de chaque hémisphère reçoit les informations de l'hémicorps contralatéral et possède des représentations somatotopiques dont la zone occupée varie selon la densité des récepteurs somatosensitifs; cette organisation est analogue au cortex moteur. Les aires somatosensorielles (3,1,2) de la pariétale ascendante ont des projections directes

sur le cortex moteur (aire 4). Les études de Mountcastle portant sur l'activité électrique des cellules somesthésiques démontrent le contrôle que ces neurones exercent lors de l'exécution d'une tâche motrice: en effet, pour une grande part, ces cellules présentent une modification de leur décharge entre 40 et 60 ms après le début du geste (voir Dubret et Cousin, 1985). L'information sensorielle aussi intimement liée au trajet des efférences motrices n'est cependant pas indispensable à la motricité. Taub (1975; voir Blum, 1985) a examiné les effets d'une déafférentation sur les mouvements du singe rhésus et il a pu déterminer l'existence de programmes moteurs centraux qui peuvent opérer en l'absence de la stimulation sensorielle ou d'un feedback sensoriel; ainsi la pince existe malgré une insensibilité des extrémités et elle peut être efficace sans la vision. Même si des images du corps peuvent exister en l'absence d'afférences sensorielles, elles sont nécessaires pour savoir la localisation et le mouvement des parties du corps. La vision peut améliorer la performance des sujets présentant une déconnexion somato-sensorielle par la connaissance de la position globale relative du membre et de la cible, mais elle ne les informe pas sur la coordination entre les segments de ce membre; Jeannerod (1986b) considère que les programmes moteurs pré-programmés montrent une capacité limitée dans le domaine temporel et il lui semble que le synchronisme

responsable de la coordination entre les divers segments du membre doit être assuré par l'afférence somesthésique.

Système moteur

Les mouvements volontaires sont modulés par différentes structures corticales et sous-corticales. Les études menées par Kuypers (1973) et ses collaborateurs ont permis d'identifier deux voies motrices anatomiquement différenciées contrôlant les mouvements mais projetant sur la même région spinale.

A partir des études de Kuypers, les chercheurs Paillard et Beaubaton (1975) ont distingué deux grands groupes de liaisons cortico-spinales directes et indirectes. Les voies cortico-spinales pyramidales, dites directes, sont impliquées premièrement dans le contrôle cortical direct de la motricité distale controlatérale par leurs connexions avec les neurones moteurs de la corne antérieure de la moelle épinière (voies cortico-motoneurales) et de façon relayée par leurs connexions avec les interneurones dorso-latéraux; elles sont impliquées en second lieu dans le contrôle de la motricité axiale ou proximale par les voies pyramidales latérale et ventrale de façon controlatérale et ipsilatérale et par leurs connexions avec les interneurones ventro-médians. Les voies cortico-spinales indirectes ou extra-pyramidales sont aussi impliquées

dans le contrôle de la motricité distale controlatérale par la voie rubrospinale (l'aire 4 projetant vers le noyau rouge avant de se diriger dans le système latéral de la moelle épinière) ou par la voie des interneurons dorso-latéraux; enfin les mouvements du corps (axiaux ou proximaux) sont influencés par les voies réticulo-spinales ventro-médianes controlatérales et ipsilatérales (l'aire 4 projetant vers le pédoncule cérébral pour se joindre ensuite au système ventro-médian).

Le système moteur comporte plusieurs structures sous-corticales s'influçant plus ou moins réciproquement: ce sont les ganglions de la base, le thalamus, le cervelet et le pédoncule cérébral. Ces structures jouent un rôle de modulation dans le contrôle du mouvement, mais le pédoncule cérébral est la seule structure sous-corticale à posséder des projections directes sur les voies spinales.

La motricité est aussi influencée par les autres régions corticales. Brinkman et Kuypers (1973) et Haaxma et Kuypers (1975) ont pu déterminer la nature des informations échangées par les projections cortico-corticales pendant un acte moteur volontaire sous contrôle visuel. La région 4 reçoit des projections directes exclusivement du gyrus postcentral, les autres régions corticales postérieures doivent

projeter dans le cortex frontal et de là dans l'aire 4. Il existe également des connections intrahémisphériques alternatives à partir du cortex frontal et du cortex pariétal évitant le cortex moteur primaire et se projetant sur les systèmes moteurs du tronc cérébral directement ou indirectement par les ganglions de la base. Ces voies alternatives permettent au cortex d'exercer un contrôle sur le mouvement du membre par le système latéral et sur les mouvements du corps par le système ventro-médian (orientation de la tête, du corps et des yeux), mais le contrôle des mouvements des doigts n'est pas influencé par ces régions frontales et pariétales car les mouvements des doigts doivent être contrôlés à partir de l'aire 4 du cortex.

En résumé, chaque hémisphère pris isolément contrôle les mouvements proximaux et distaux du membre controlatéral. Il contrôle de façon limitée toutefois les mouvements proximaux du membre ipsilatéral et il contrôle de façon bilatérale les muscles axiaux (Paillard et Beaubaton, 1975).

L'asymétrie fonctionnelle des hémisphères au niveau moteur

Les deux hémisphères ne sont pas équivalents dans leurs compétences malgré leur apparente symétrie anatomique et leur capacité de fonctionner indépendamment l'un de l'autre. On a remarqué que le planum temporal est plus large à gauche et

que les centres de gravité des deux hémisphères sont différents (von Bonin, 1962; Geschwind, 1965; Geschwind et Levitsky, 1968). Depuis Broca, il est connu que le langage articulé est sous la responsabilité de l'hémisphère gauche; les études subséquentes ont confirmé son rôle prépondérant pour les fonctions verbales (Kimura et Archibald, 1974). De plus la grande majorité des droitiers démontrent un centre du langage situé dans l'hémisphère gauche, le même fait est observé pour une majorité de gauchers (environ 70%). Kimura (1982) est d'avis que la dominance manuelle droite pourrait être expliquée par la proximité des zones corticales responsables du langage et de la motricité de la main droite situés dans l'hémisphère gauche. Goodale (1988) a pu démontrer que, lors d'activités non-verbales à séquence complexe, l'hémisphère gauche agissait comme initiateur et programmeur des gestes. A partir de ces observations, il conclut que l'hémisphère droit est impliqué dans la totalité alors que le gauche est impliqué dans l'analyse.

Le cerveau droit est davantage concerné par des tâches spatiales (De Renzi, 1982). En effet, tout dépendant de la localisation de la lésion ou de la voie de communication atteinte, les lésions droites produisent fréquemment de la désorientation, des mouvements d'atteinte erronée de la main controlatérale ou des difficultés d'attention.

Le rôle du corps calleux et le syndrome de déconnexion

Les recherches de Sperry et de ses collaborateurs sur des sujets commissurotomisés ou callosotomisés pour contrôle de l'épilepsie ont permis, grâce à des tests raffinés, de mieux connaître les fonctions possibles du corps calleux et de chaque hémisphère chez un sujet à cerveau divisé. Le corps calleux joue un rôle important dans le transfert interhémisphérique de l'information sensorielle, notamment dans la modalité visuelle et dans la modalité tactile qui ont été davantage étudiées. Le corps calleux est parmi les connections interhémisphériques la structure commissurale la plus importante anatomiquement et fonctionnellement; elle relie la plupart des régions homologues du néocortex et assure le transfert des informations d'un hémisphère à l'autre (Gazzaniga, 1966; Sperry, 1961).

Le corps calleux, situé au fond de la scissure interhémisphérique, est formé de millions de fibres blanches formant un pont au-dessus du diencéphale. Cette structure est en forme d'arc dont on distingue d'abord à l'avant le genou arqué pour former sous lui le rostrum reliant les lobes frontaux, ensuite la partie médiane (le tronc) reliant les régions pariétales impliquées dans les fonctions somato-sensorielles, motrices et associatives supérieures, et enfin à

l'arrière le splénium reliant les régions secondaires visuelles occipitales.

Les radiations calleuses unissent pratiquement toutes les régions du néocortex selon une organisation principalement homotopique, mais il se trouve des régions dites acalleuses n'ayant pas ou très peu de projections directes avec leurs homologues controlatérales, comme l'aire visuelle primaire (aire 17). Les aires somesthésiques et motrices primaires représentant les parties distales extrêmes des membres ont relativement peu de fibres commissurales (Pandya et Seltzer, 1986). Certaines aires possèdent dans l'hémisphère controlatéral des connexions hétérogènes en plus de leurs connexions avec la région homologue; ainsi l'aire 6 possède de fortes connections controlatérales avec son homologue mais également avec les régions 4,5,7 et 39, ces aires recevant les projections sensorielles et motrices des régions médianes du corps et de l'espace extra-personnel (voir Lassonde, Lepore, Ptito, 1987). D'autres régions corticales possèdent des connexions partielles avec l'hémisphère controlatéral, comme le cortex préfrontal et le lobule pariétal inférieur dont certaines portions n'émettent pas de radiations calleuses, mais démontrent de fortes connexions intrahémisphériques (Pandya et Seltzer, 1986). De façon générale, toutes les aires secondaires associatives sont en relation avec l'hémisphère controlatéral

via le corps calleux qui est conséquemment très impliqué dans les fonctions intellectuelles supérieures demandant une intégration sensori-motrice (Dubret et Cousin, 1985).

Syndrome de déconnexion chez les patients à cerveau divisé

Le syndrome de déconnexion est mis en évidence par deux ordres de manifestations: par un conflit interhémisphérique (chaque hémisphère fonctionnant de façon indépendante selon sa compétence et ignorant l'activité de l'autre hémisphère) et par l'absence de transfert d'informations. Comme les modalités tactile, visuelle et motrice fine possèdent des représentations dans le cortex controlatéral presque exclusivement, il est possible expérimentalement d'isoler chacune de ces fonctions et d'observer comment chaque hémisphère traite l'information qu'il reçoit. Sperry et ses collaborateurs (1969; voir Lassonde, Lepore, Ptito, 1987) ont étudié la modalité visuelle chez les sujets droitiers commissurotomisés ou callosotomisés tardifs (opérés après l'âge de seize ans) lors d'une présentation visuelle périphérique avec tachistoscope, ne s'adressant ainsi qu'à l'hémisphère controlatéral. Leurs observations ont montré que le patient droitier à cerveau divisé ne peut nommer et décrire ce qu'il a vu pour une présentation dans le champ visuel droit; dans ce cas l'hémisphère gauche reçoit et traite

à lui seul l'information. Il en est autrement si l'information visuelle est adressée à l'hémisphère droit; le sujet ne peut verbaliser ce qui est vu, mais l'hémisphère droit perçoit cependant l'objet parce que le sujet peut le retrouver parmi d'autres avec sa main gauche. Ainsi, pris isolément, l'hémisphère droit présente un déficit plus important que le gauche à cause de l'absence du langage, mais quand le sujet à cerveau divisé a le loisir de se faire une image centrale bilatérale du stimulus, aucun symptôme n'est décelable.

Le phénomène de déconnexion de la modalité tactile se manifeste de la manière suivante: quand on empêche le patient droitier à cerveau divisé d'utiliser la vision et qu'on lui demande de palper un objet familier, il ne parvient pas à le nommer s'il le palpe avec la main gauche, la réussite venant parfois à la suite de beaucoup d'efforts et d'une longue exploration, utilisant fort probablement des indices nociceptifs par la voie ipsilatérale vers les centres du langage de l'hémisphère gauche. Pour une présentation tactile s'adressant à l'hémisphère gauche, le sujet ne rencontre pas de problème à nommer de façon précise et immédiate l'objet palpé; encore une fois cette anomie unilatérale gauche disparaît aussitôt que le sujet voit le stimulus. Le sujet à cerveau divisé peut aisément désigner avec sa main gauche parmi d'autres objets à palper, l'objet qu'il n'a pu identifier

verbalement, l'hémisphère droit ayant effectivement perçu le stimulus malgré les apparences contraires. Dans une épreuve de stimulation tactile, ce patient peut aisément désigner le doigt touché en utilisant son pouce, mais il lui est impossible de montrer sur l'autre main le doigt correspondant à celui qui est stimulé (voir Lassonde, Leporé, Ptito, 1987). Dans ce dernier cas les deux hémisphères présentent la même difficulté, car la possibilité d'utiliser une commande verbale ou spatiale ne peut compenser le déficit.

Zaidel et Sperry (1977: voir Jeeves, 1979) ont démontré que la compétence bimanuelle est spécialement touchée par la déconnexion surtout quand le sujet ne peut se servir de la vision pour compenser et doit respecter une limite de temps. Sur le plan de la motricité unimanuelle, on observe des déficits pour une période post-opératoire variable; le patient à cerveau divisé éprouve des difficultés à exécuter des mouvements avec le bras gauche suite à une incitation verbale, alors que le mouvement est possible s'il est précédé par une commande non-verbale (Lassonde, Leporé, Ptito, 1987). Les sujets droitiers callosotomisés conservent une écriture normale de la main droite mais ils sont apraxo-constructifs dans la reproduction de dessins à trois dimensions avec la main droite. Leur main gauche présente une agraphie unilatérale pour

l'écriture, cependant elle est capable de respecter les dimensions tridimensionnelles dans les dessins.

Problèmes visuo-moteurs des agénésiques

Un modèle naturel de déconnexion se présente chez les humains dont le corps calleux est partiellement ou complètement absent. Chez les agénésiques, la communication interhémisphérique est limitée (Milner et Jeeves, 1979; Jeeves, 1979): ils montrent de la lenteur dans les tâches requérant une coordination bimanuelle, des déficits de préhension en bas âge, parfois des déficits associés à la localisation croisée d'une stimulation tactile. Les agénésiques sont capables de transfert d'apprentissage malgré certaines difficultés et l'ensemble de leurs réponses montre habituellement une précision comparable aux groupes témoins. De telles observations laissent supposer qu'ils pourraient avoir recours à des stratégies compensatoires, se servant par exemple d'indices secondaires de type proximal permettant une distribution bilatérale de l'information (Gazzaniga, 1970) ou encore que l'information serait véhiculée par des voies alternatives sous-corticales avec une utilisation maximale des commissures restantes (Jeeves, 1965, 1969).

La lenteur semble être la caractéristique des agénésiques, non seulement pour des tâches requérant un

transfert interhémisphérique, mais de façon surprenante pour un traitement intrahémisphérique également (Lassonde, 1986). De plus, une étude périmétrique de la précision du pointage (Benoit, 1987) a révélé un problème d'ataxie bilatérale directe et croisée chez les agénésiques; les déficits observés dans cette recherche sont attribués à l'absence d'influx calleux causant une réduction de l'activité neurale de chaque hémisphère. Lassonde (1986) a proposé que le corps calleux aurait une influence facilitatrice sur le fonctionnement des deux hémisphères car son absence affecte le fonctionnement indépendant de chaque hémisphère. Certaines voies alternatives permettent le transfert de l'information interhémisphérique, mais elles produisent une réponse plus lente à cause de la trajectoire indirecte sans compenser pleinement l'absence du corps calleux.

Diverses manifestations selon le site de la lésion calleuse

Les lésions calleuses ne produisent pas toutes le même type de déficit visuo-moteur. Ainsi, dans l'étude de Benoit (1987), le sujet souffrant d'une lésion calleuse postérieure présente une ataxie directe bilatérale tout en n'éprouvant aucune difficulté dans le champ controlatéral à la main utilisée, tandis que le sujet souffrant d'une lésion antérieure ne présente aucun déficit direct ou croisé.

Données contradictoires

Des études de cas ont démontré l'existence d'ataxie croisée alors que d'autres ne parviennent pas à préciser la nature du trouble visuo-moteur rencontré. Sans émettre l'hypothèse d'une ataxie croisée, Gazzaniga et al. (1965) et Gazzaniga (1969) ont rapporté parmi les premiers un déficit de localisation chez un patient commissurotomisé; celui-ci ne pouvant localiser un stimulus dans le champ droit qu'avec la main droite et inversement pour le champ gauche.

Un déficit de localisation du stimulus lors d'une expérience de discrimination visuelle a également été rapporté par Levine et Calvino (1980) chez un patient ayant subi une callosotomie postérieure. Ferro et al. (1983) rapportent le cas d'une patiente atteinte d'un ensemble inhabituel de syndromes de déconnexion à savoir une aphasie motrice transcorticale, une apraxie du bras gauche et d'une ataxie optique croisée dans l'hémi-espace gauche; ils attribuent l'ataxie croisée à l'atteinte du splenium, la lésion touchant par ailleurs la partie dorsale des deux tiers postérieurs du corps calleux. Stenvers (1961, voir Ferro et al., 1983) a proposé que lors d'une atteinte visuomotrice croisée (comme la main droite dans le champ gauche) l'information visuelle pouvait emprunter deux trajets possibles: le premier à partir du lobe occipital vers

le lobe frontal ipsilatéral et ensuite vers le lobe frontal controlatéral en passant par la partie antérieure du corps calleux; le second trajet irait du lobe occipital, via la partie postérieure du corps calleux, vers son homologue controlatéral pour se rendre au lobe frontal assurant la réponse motrice. L'étude de cas de Boller et al. (1975: voir Ferro et al., 1983) fait état, au moyen de radiographies par EMIsan, d'une ataxie croisée causée par des lésions atteignant simultanément les deux voies hypothétiques décrites par Stenvers. Il semble que le tiers moyen postérieur (le tronc) du corps calleux participe au transfert de l'information visuospatiale (Dimond et al., 1977). Chez l'humain à l'instar des singes, l'ataxie optique bilatérale croisée est transitoire après section postérieure du corps calleux (Brinkman et Kuypers, 1973) et qu'elle n'est définitive que lors de lésions calleuses accompagnées de lésions occipito-pariétales (Ferro et al., 1983). Volpe et al. (1981) ont suggéré que les 3cm postérieurs du corps calleux sont nécessaires pour le contrôle de la main ipsilatérale à l'hémisphère qui traite l'information visuelle. Quant à Ferro et al. (1983), ils suggèrent que les fibres calleuses du splénium, en plus d'un arrangement antéro-postérieur observé par Pandya, Karol et Heilbronn (1971), pourraient être arrangées selon une lamination ventro-dorsale comprenant, de

bas en haut, l'information concernant les lettres, les couleurs et la localisation visuo-spatiale.

La littérature concernant les cas d'ataxie constatée chez les agénésiques est contradictoire. Rohmer et al. (1959) ont décrit un déficit important chez trois de leurs patients agénésiques devant pointer avec la main droite vers un objet présenté dans le champ visuel gauche; par contre, un de leurs patients ne montrait pas de déficit de pointage. Martin (1985) a constaté chez un sujet agénésique une performance anormalement faible pour une simple tâche de détection d'un point dans le champ visuel droit, alors que le pointage dans le champ visuel gauche est normal. Par contre, Milner et Jeeves (1979) dans une revue des études portant sur les agénésiques, constatent que le corps calleux est indispensable pour des tâches demandant une représentation croisée à partir d'information très fine (sensorielle, visuelle ou tactile), sans montrer toutefois l'évidence d'un déficit au niveau des connexions visuo-motrices. Dans une recherche ultérieure (Milner et al., 1985), ils constatent chez un jeune sujet acalleux un ralentissement significatif pour un simple temps de réaction en stimulation croisée (v.g. champ visuel gauche stimulé et main droite utilisée) comparativement à une stimulation non-croisée que ce soit pour une réponse unimanuelle ou bimanuelle; de plus la différence entre les

temps de réaction croisée et non-croisée était très inférieure à celle des sujets normaux. Pour une réponse unimanuelle, ces auteurs démontrent que la diminution de l'intensité du stimulus augmente l'écart entre la situation croisée et non-croisée, mais que la compatibilité du stimulus avec la main donnant la réponse ne peut influencer cet écart, comme chez les sujets normaux d'ailleurs. Milner et al. (1985) suggèrent l'existence d'une voie visuelle commissurale chez les acalleux, peut-être au niveau de la commissure antérieure.

Il est habituellement assumé que les mouvements volontaires et indépendants des doigts, notamment de la pince pouce-index, sont sous contrôle cortical contralatéral. Jeannerod (1986a, 1986b) a montré à partir d'une analyse video image par image que, lors d'un mouvement de préhension chez des sujets normaux, le pouce et l'index se refermaient selon l'objet à saisir pendant le mouvement de transport. Jeeves et Silver (1988) ont utilisé la procédure de Jeannerod pour étudier les mouvements de préhension de leur sujet acalleux observé précédemment (Jeeves, 1981: voir Jeeves et Silver, 1988); ils ont remarqué que la fermeture du pouce et de l'index ne se produisait qu'après contact avec l'objet. Ce défaut d'anticipation de la pince s'ajoutait au temps de préhension deux fois supérieur à celui des sujets normaux pour un objet situé en périphérie; par contre le temps d'atteinte était

comparable dans les deux groupes. A partir de leurs résultats, ces auteurs font l'hypothèse d'un développement accru des voies non-croisées ipsilatérales chez les acalieux et du rôle inhibiteur de l'influx calleux; son absence entraînant la compétition entre les efférences ipsilatérales accrues et les efférences contralatérales pour le contrôle des doigts.

But de l'expérience et hypothèse

Plusieurs hypothèses ont été émises concernant le rôle du corps calleux. Son absence entraîne des déficits lors des tâches d'atteinte et de préhension. Les résultats démontrant de l'ataxie à cause de l'absence du corps calleux ou d'une lésion calleuse postérieure ne sont peut-être pas dus simplement à l'interruption de la voie interhémisphérique liant la vision d'un hémisphère à la motricité de l'autre. Ils sont peut-être dus à une déconnexion interhémisphérique isolant l'hémisphère gauche dominant dans ce type d'activité de l'hémisphère droit non-dominant. Si ce raisonnement est valide, on peut poser l'hypothèse suivante: l'hémisphère gauche étant dominant, toute condition dans laquelle la stimulation visuelle et la réponse motrice sont traitées uniquement par l'hémisphère gauche sera réussie en dépit de l'absence du corps calleux. L'hémisphère droit, non-dominant, privé de l'apport de l'hémisphère gauche sera déficitaire dans toute condition où

l'information visuelle et/ou la réponse motrice seront traitées par cet hémisphère. Afin de vérifier cette hypothèse, nous soumettrons des sujets agnésiques et des callosotomisés à deux tâches d'atteinte unimanuelle comportant une précision distale sous guidage visuel. Les variables contrôlées sont l'hémisphère stimulé visuellement et l'hémisphère effectuant la réponse motrice. La présentation périphérique restreint l'information visuelle à l'hémisphère controlatéral; de manière semblable, la main utilisée est sous contrôle de l'hémisphère controlatéral à cause de la demande de précision. Nous pourrions ainsi apprécier comment s'effectue le transfert d'information visuelle vers la composante motrice lors d'un geste de précision fine.

Chapitre II

Description de l'expérience

Sujets

Les sujets expérimentaux choisis pour cette recherche présentent une absence plus ou moins complète du corps calleux. Le groupe expérimental est constitué de deux sujets agénésiques du corps calleux et deux sujets callosotomisés, l'un opéré à l'âge de 6 ans et l'autre à 21 ans.

Les sujets témoins ont été sélectionnés d'après des critères de pairage, c'est-à-dire qu'à chaque sujet du groupe expérimental correspond un sujet témoin possédant les mêmes caractéristiques d'âge, de sexe, de dominance manuelle, de quotient intellectuel, sauf pour une caractéristique soit celle de la lésion du corps calleux ou son absence.

Groupe expérimentaux

A. Sujets acalleux

L.G. est une jeune femme âgée de 27 ans. Elle est droitnière. Elle est la deuxième d'une famille de quatre enfants. A l'accouchement elle se présentait par le siège, elle a également souffert d'anoxie. Elle a subi divers examens neurologiques depuis l'enfance. Son premier examen a eu lieu suite à une chute sur la tête à l'âge de six ans, à ce moment

une pneumoencéphalographie révélait une agénésie du corps calleux. Une tomographie axiale effectuée à la demande de M. Lassonde, dans un but de confirmation de diagnostic, a effectivement confirmé ce diagnostic alors qu'elle avait dix-sept ans. Enfin, plus récemment (Lassonde et al., 1988) un test de résonnance magnétique nucléaire permettait de constater une agénésie du corps calleux avec toutefois préservation de la commissure antérieure. L.G. est autonome, elle vit en appartement et tient le budget, elle travaille pour un service d'entretien ménager. Elle se situe au niveau de l'intelligence lente, selon l'échelle psychométrique du Wisc (Q.I. global=78).

M.G. est un jeune homme de 19 ans. Il est gaucher. Il est le frère de L.G. et le dernier enfant de cette famille. Tout comme sa soeur, il aurait souffert d'anoxie à la naissance. À l'âge de quatre ans et onze mois il a été hospitalisé pour examen des troubles du langage, de la motricité, de la coordination et de l'équilibre, ainsi que pour un problème d'énurésie chronique. À ce moment l'examen neuropsychologique a confirmé ces retards et a souligné des troubles d'intégration neurosensorielle. Un PEG a révélé l'absence du corps calleux. Plus tard, à l'âge de neuf ans et demi, une tomographie axiale effectuée à la demande du Laboratoire de Neuropsychologie de l'U.Q.T.R. confirme l'absence du corps calleux. M.G. ne fréquente plus l'école; il

demeure avec ses parents et il est sans emploi. Il s'exprime bien. Sa coordination générale est bonne. Cependant il présente encore de la lenteur quant à son débit verbal. Son quotient intellectuel se situe au niveau de l'intelligence lente soit à 78 au Wisc.

B. Callosotomies

Les deux sujets callosotomisés ont reçu cette chirurgie pour contrôler une épilepsie intraitable. La chirurgie consistait en une section du corps calleux laissant intactes les commissures antérieures et hippocampiques (Lassonde et al., 1988).

S.D. est un garçon droitier âgé de 11 ans 10 mois. Il est l'aîné d'une famille de deux garçons. Il fréquente une classe d'adaptation scolaire. Il est légèrement agité, il est sous médication anticonvulsivante. Sa chirurgie a été effectuée alors qu'il était âgé de 6 ans et 10 mois. Le foyer épileptique était situé dans la région centropariétale droite avec une épilepsie secondaire généralisée. La callosotomie a permis un excellent contrôle des crises. Une radiographie à résonance magnétique nucléaire présente clairement la section complète du

corps calleux. Son quotient intellectuel a montré une nette amélioration suite à l'opération. D'un Q.I. de 50, il est passé à un Q.I. de 70.

M.P. est un jeune homme droitier âgé de 24 ans. Il est l'aîné de trois enfants. Son opération est récente, il a subi une callosotomie à l'âge de 21 ans. Son problème d'épilepsie serait consécutif à un accident survenu à l'âge de quatre ans alors qu'il avait été frappé par une automobile. Il a souffert d'une commotion cérébrale et d'une atteinte de l'hémisphère droit. Par la suite il a présenté des crises tonico-cloniques nocturnes commençant du côté gauche. Jusqu'à sa puberté les crises furent assez bien contrôlées mais elles devinrent intraitables par la suite. Avant l'opération, il pouvait vivre jusqu'à 5 crises nocturnes et parfois de 1 à 2 attaques diurnes.

L'examen pré-opératoire montrait à l'EEG des anomalies épileptogènes diffuses dans les deux hémisphères cérébraux et un foyer bien circonscrit à droite dans la région parasagittale centrale. Son quotient intellectuel le situait dans la moyenne de la population soit à 96 au Barbeau-Pinard. L'opération a laissé le splénium intact d'après un examen de résonnance magnétique nucléaire. Il a connu des complications post-opératoires soit un important oedème de l'hémisphère droit

avec une hémiplégie gauche, de l'aphasie et de l'incontinence. Cependant la récupération fut complète. Actuellement son épilepsie est généralement bien contrôlée. Cependant, sur le plan intellectuel, il y a une perte principalement dans les habiletés non verbales; son quotient intellectuel se situe à 78, au niveau de l'intelligence lente. Ce patient fréquente un atelier protégé de façon irrégulière.

C. Sujets témoins

Les sujets de ce groupe sont pairs un à un aux sujets expérimentaux selon l'âge, le sexe, la dominance manuelle et le quotient intellectuel. Il s'agit de trois adultes, une femme et deux hommes ayant un emploi ou aptes au travail, et d'un enfant qui présente un problème d'épilepsie contrôlée par médication. Ils doivent également avoir une bonne acuité visuelle et une dextérité normale.

R.B. est une jeune femme droitrière âgée de 27 ans. Elle est mariée, mère de deux enfants et elle travaille régulièrement à temps partiel comme journalière dans une usine de textile. Elle provient d'une famille nombreuse à problèmes multiples. Sa dernière année de scolarité est le Secondaire court IV. R.B. obtient un quotient intellectuel de 77 au WAIS-R. Elle a connu des problèmes de vision dans le passé qui sont aujourd'hui assez bien compensés par des verres correcteurs.

Son optométriste n'observe pas de problème en vision grossière mais il peut y en avoir en vision fine. La collaboration de ce sujet fut excellente lors de l'expérimentation.

P.G. est un jeune homme droitier âgé de 25 ans. Il est actuellement sans emploi. Il présente certains problèmes de personnalité qui lui ont occasionné des difficultés scolaires. Il a développé sa force physique et s'adonne aux arts martiaux. Il a fréquenté l'école jusqu'en Secondaire V dans un programme d'adaptation scolaire. Son quotient intellectuel est de 76 selon le dernier examen psychologique (Barbeau-Pinard) contenu à son dossier scolaire.

F.C. est un garçon droitier âgé de 12 ans 10 mois. En bas âge, il a présenté un retard du langage et du développement de sa psychomotricité. Une épilepsie de type généralisé a été diagnostiquée à l'âge de 3 ans, la localisation étant postérieure et bilatérale. F.C. est sous la surveillance médicale du Dr Geoffroy de l'Hôpital Ste-Justine de Montréal. Cet enfant présente un retard académique. De petite taille et allangui par sa médication, sa performance lors de l'expérimentation peut avoir été amoindrie par ces deux facteurs. Un Wisc-R administré en 1987 le situe au niveau de la déficience légère, avec un Q.I. de 72.

R.R. est un jeune homme âgé de 21 ans. Il vit en couple, il a un enfant. Il a connu différents emplois, notamment dans une fonderie comme mouleur, dans une entreprise de camionnage comme opérateur de machinerie lourde et comme dynamiteur. Actuellement il est sans emploi. Son fonctionnement intellectuel le situe selon le Wais-R dans la moyenne inférieure de la population avec un Q.I. de 89. Il ne sait pas lire et ses années de fréquentation scolaire ont été dans le secteur professionnel. Il a offert une collaboration exceptionnelle lors de l'expérimentation dans sa rapidité à comprendre et à exécuter les tâches avec précision.

Tests pré-expérimentaux

Les sujets expérimentaux présentent tous un problème de déconnexion interhémisphérique soit par l'absence du corps calleux ou par section thérapeutique du corps calleux. Comme ils forment un groupe restreint, la méthode de pairage pour établir le groupe témoin a été utilisée. Le pairage est basé sur les caractéristiques individuelles de chaque sujet expérimental quant au sexe, à l'âge, à la dominance manuelle et au quotient intellectuel. De plus, comme la recherche porte sur la précision du geste sous contrôle visuel, les sujets sont soumis à un examen sommaire de la vision, de leur motricité et de leur somesthésie.

Tests intellectuels

Pour les sujets témoins dont l'évaluation intellectuelle était ou trop ancienne ou inexistante, le quotient intellectuel a été évalué à l'aide du Wais-R. Les autres sujets avaient subi une évaluation intellectuelle selon divers types d'échelles dérivées du Weschler.

Test d'acuité visuelle

Il s'agit du test utilisé pour le dépistage des problèmes d'acuité visuelle au moyen de la carte de Snellen. Cette grille consiste en plusieurs rangées de lettres. Le format d'une rangée est réduit par rapport à la précédente alors que le nombre de lettres augmente. De plus chaque rangée est calibrée selon la distance du sujet par une cote à droite de la rangée. Le sujet debout et à 5 mètres de la carte, doit lire les lettres indiquées par l'examineur d'abord avec l'oeil droit, puis avec l'oeil gauche et enfin avec les deux yeux en vision libre.

Test de confrontation technique

Ce test permet de vérifier s'il existe des problèmes d'extinction en vision périphérique quand le sujet fixe un point central. Le sujet est assis face à l'expérimentateur à

une distance d'un mètre. Ce dernier lui demande de reproduire les gestes qu'il exécute devant lui quand il agite l'une ou l'autre de ses mains ou les deux à la fois, les bras placés à différentes hauteurs.

Dextérité manuelle: le test d'oscillation digitale

Cette épreuve vise à vérifier l'intégrité de chaque hémisphère cérébral quant à sa composante motrice. Il s'agit surtout d'analyser la partie distale du mouvement, tout en tenant compte de la préférence manuelle du sujet. Pour ce faire, le sujet doit actionner avec l'index le levier d'un compteur le plus grand nombre de fois possibles dans de courts laps de temps (des intervalles de 10 secondes pour chaque essai).

Dextérité de la pince: test de Purdue

Ce test permet de constater l'efficacité de la pince pour des situations unimanuelles et bimanuelles. La tâche est exécutée en vision centrale et requiert l'opposition du pouce et de l'index pour saisir des objets fins (clous) et les insérer dans un alignement de trous sur la planche. La coordination visuo-motrice fine est assez bien évaluée par ce procédé. Il est possible de déceler par ce test des indices d'atteinte aux hémisphères cérébraux en tenant compte de la

dominance manuelle et de la performance du sujet par rapport à son groupe de référence.

Somesthésie: le test d'agnosie digitale

Ce test permet de vérifier l'intégrité de la sensibilité tactile du sujet, dans le sens qu'il doit recevoir l'information du bout des doigts et la localiser précisément.

Le test est administré d'abord en vision libre: le sujet garde une main ouverte sur la table (d'abord la main dominante puis la non-dominante), il voit l'expérimentateur lui piquer le bout du doigt avec la pointe d'un crayon et il doit nommer ou montrer le doigt touché. Ensuite l'examineur reprend le même protocole mais cette fois un écran empêche le sujet de compenser son manque de sensibilité tactile par l'information visuelle. Finalement, l'examineur pique deux doigts simultanément et le sujet doit identifier correctement les doigts concernés, avec puis sans support visuel.

Somesthésie: stimulation simultanée simple et double

Ce test permet de vérifier la sensation ressentie par le sujet alors qu'il a les yeux fermés et qu'il est touché sur les joues (plan proximal) et sur les mains (plan distal). L'extinction de l'information est surveillée particulièrement quand la stimulation est effectuée sur les deux plans à la

fois. Cette épreuve permet de constater la capacité des sujets à recevoir et à conserver (localiser) l'information provenant de sensations tactiles. Le sujet peut corriger sa réponse à partir d'indices sensitifs en l'absence de vision s'il n'a pas d'atteinte cérébrale le limitant en ce sens.

Test expérimental

La situation expérimentale consiste en deux tâches d'atteinte avec précision distale vers des stimuli situés en vision périphérique, d'après un protocole mis au point par Perenin et Vighetto (1988). Ceux-ci utilisent un appareil créé par Haaxma et Kuypers (1975) pour l'étude de la préhension chez les singes et adapté pour l'homme par Tzavaras et Mazure (1976); le second appareil, conçu par Perenin et Vighetto (1988), est une version modifiée du disque de Haaxma et Kuypers pour l'étude de l'orientation de la main. Pour plus de commodité, ils seront désignés de la façon suivante: le disque d'orientation et le disque de Kuypers.

Description

Pour les deux expériences, le stimulus utilisé apparaît sous la forme d'un disque blanc de 24,5 cm de diamètre et de 8mm d'épaisseur. Quelques modifications ont été apportées au montage, notamment un support qui reçoit le disque pour

obtenir une présentation stable. Le centre du disque ou de la cible se situe à 25° d'angle visuel à gauche ou à droite du point de fixation central.

Pour l'expérience d'orientation (fig. 1), le disque présente une ouverture centrale suffisamment grande pour laisser le passage à la main ouverte à plat; les dimensions de l'ouverture sont de 3 cm x 10 cm.

Pour l'expérience de préhension (fig. 2), le disque mis au point par Kuypers pour ses études chez les singes et adaptée par Perenin pour les humains est employé. Il est découpé au centre selon une figure formée par la rotation d'un rectangle correspondant à une gouttière de 2 cm x 13,5 cm; la distance entre chacun des rayons est de 45° . Une seule gouttière est enchâssée dans la cible, elle est peinte en noir et elle a une profondeur de 2,5 cm. Au centre de la gouttière est enfoncée une cheville sur une tige. Cette cheville de résine blanche mesure 2,5 cm de hauteur et 1,9 cm de diamètre. La tâche du sujet sera de dégager le plus rapidement possible la cheville avec la pince formée par le pouce et l'index.

Lors de l'expérimentation, les cibles sont présentées selon quatre orientations de la fente ou de la gouttière: la verticale, l'oblique à droite, l'horizontale et l'oblique à gauche. L'orientation varie d'un essai à l'autre, cependant

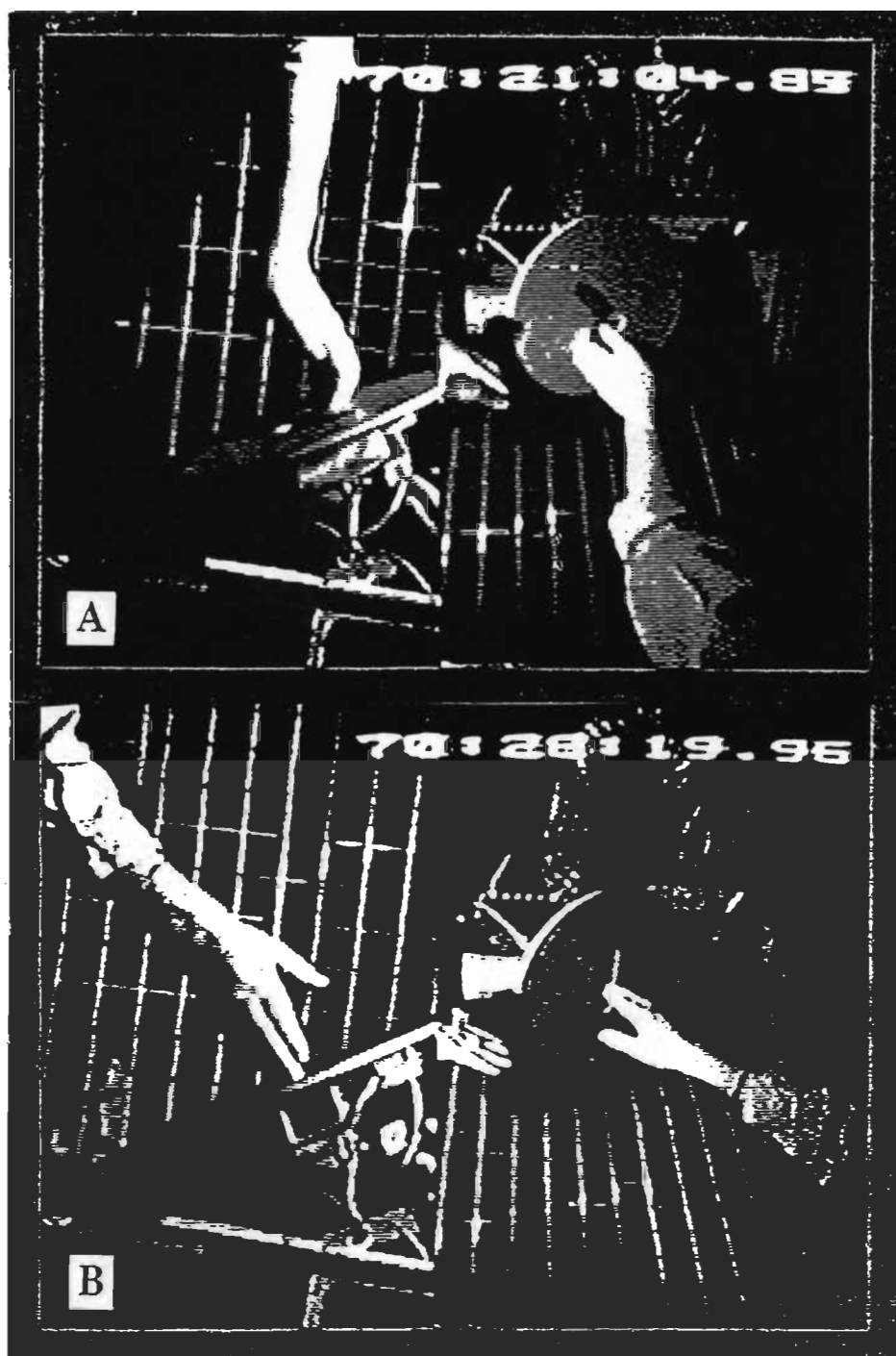


Fig. 1- Exemples de performance à la tâche d'orientation.
A- champ visuel gauche, main gauche (condition directe)
B- champ visuel gauche, main droite (condition croisée).
Noter l'erreur spatiale et l'erreur de façonnement (mauvais alignement des doigts) en A et l'erreur angulaire en B.

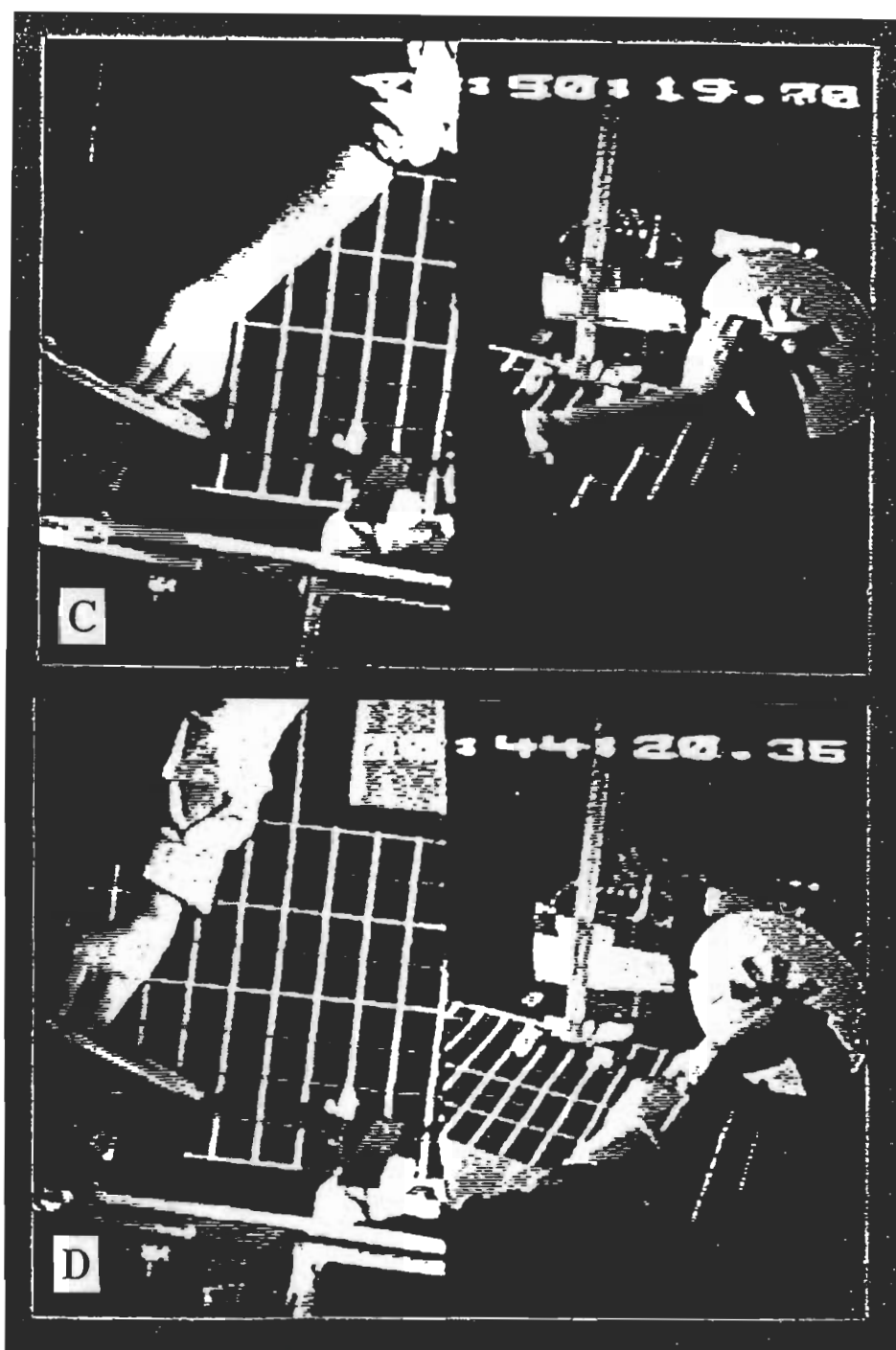


Fig. 2- Exemples de performance à la tâche de Kuypers.
C- champ visuel droit, main gauche (condition croisée)
D- champ visuel droit, main droite (condition directe). Noter
l'erreur angulaire et l'erreur spatiale de la pince en C.

chaque orientation de la cible compte cinq essais pour chaque condition du champ visuel stimulé et de la main utilisée.

Appareils

Le plan de travail est constitué d'une table carrée de 91 cm de côté et de 74,5 cm de hauteur. Sur cette table est posé un plan noir quadrillé de 51 cm x 91 cm, dont chaque carré mesure 4 cm de côté. Un trépied sur lequel est marqué un point de fixation se trouve devant le sujet au centre de la table. Le trépied est à 46 cm du bord de la table où prend place le sujet. Le point de fixation mesure 2 cm de diamètre et il est fait de ruban vert phosphorescent; il est situé à la même hauteur (20,5 cm) que le centre de la cible montée sur son support. Le montage est conçu pour que le sujet soit assis à 57 cm du point de fixation pour avoir un angle visuel de 25° avec la cible.

A l'arrière de ce plan quadrillé, sur la table, se trouvent deux chronomètres reliés à une plaque de départ et à l'arrière de chaque cible et du support. Les chronomètres sont de marque Lafayette modèle 54517-A et modèle 54519-A et ils sont réglés à 0,001sec. Le chronomètre de gauche enregistre le temps total que prend le sujet pour réussir à compléter la tâche, le chronomètre de droite est actionné au même moment que celui de gauche mais il s'arrête au moment où le sujet entre en

contact avec la cible. Le support est peint en noir et il est constitué d'un pied et d'un cadre destiné à maintenir la cible en place, le cadre est fixé au pied par une penture piano et il y est retenu par des montants; ce dispositif permet d'enregistrer au moyen d'un interrupteur le temps de transport de la plaque de départ à la cible lorsque le sujet pousse la cible.

La cible d'orientation est munie à l'arrière d'une paroi en plexiglas en forme de gouttière, cette paroi a une profondeur de 4,3 cm et elle possède les mêmes dimensions que l'ouverture de la cible que voit le sujet pendant la tâche; elle est fixée d'un seul côté pour que la pression de la main atteignant le fond du sillon déclenche l'interrupteur du chrono de gauche.

La cible de Kuypers est munie d'un interrupteur dans la cavité où se loge la cheville et quand le sujet saisit et retire la cheville, il déclenche le mécanisme relié au chronomètre indiquant le temps de retrait.

La plaque de départ est faite d'un bloc de bois de 14 cm x 15,5 cm x 3,6 cm recouvert d'une feuille de plexiglas. Quand le sujet soulève sa main pour effectuer un essai, la surface de la plaque est relâchée, ce qui actionne les deux chronomètres témoins. L'expérimentateur opère un appareil de

remise à zéro à la fin de chaque essai à l'aide d'une clé morse reliée électroniquement aux chronomètres.

Montage vidéo

Le montage expérimental comprend deux caméras (Sony Rotary Shutter Camera) munies de lentille télévision 8,5mm. Une première caméra est suspendue à 143 cm au-dessus de la table, de façon à saisir à la fois le transport de la main et les chiffres lumineux des chronomètres liés à la plaque de départ et à la cible. Une seconde caméra sur trépied est placée derrière et au-dessus de l'épaule du sujet du côté du champ visuel utilisé; cette caméra est donc déplacée selon le champ visuel dans lequel travaille le sujet pendant l'expérimentation. Sa fonction est de capter la cible selon la parallaxe, telle que perçue par le sujet et de permettre une observation du comportement de la main à la cible. Les deux caméras captent simultanément dans leur champ la plaque de départ et la cible.

Chaque caméra est reliée à un adaptateur (Sony Camera Adaptor) contrôlé par un aiguilleur d'images (Video Splitter Tokina TW 104). Un chronomètre est intégré à l'image video fonctionnant pendant toute la durée de l'enregistrement: les deux premiers chiffres identifient le sujet et les chiffres suivants indiquent les heures, les minutes, les secondes et les

centièmes de seconde. Le magnétoscope utilisé est un appareil VCR Sharp Video VHS-HQ. A ce magnétoscope est ajouté un appareil audio (Realistic Stereo Mixing Console modèle 32-1299A) pour utiliser un micro-cravate et un casque d'écoute portés par l'expérimentateur qui est assis face au sujet.

Le système d'éclairage comporte un ensemble de lampes incandescentes montées en carrousel sur un trépied.

Préparation du sujet à l'expérience

Le montage vidéo est expliqué au sujet pour qu'il se sente à l'aise avec les caméras. Des essais de pratique sont exécutés par le sujet avant chaque condition du champ visuel stimulé et de la main utilisée. Lors des essais de pratique il est suggéré au sujet de regarder la cible pour connaître la configuration du centre de la cible et le geste à faire avec sa main. Le but de ces essais est de s'assurer que le sujet a bien compris la tâche, qu'il est en mesure de la terminer et qu'il se sente à l'aise avec le travail en vision périphérique.

Le sujet doit s'asseoir sur une chaise et garder une distance de 57 cm de son corps par rapport au point de fixation du regard pendant toute la durée de l'expérimentation. Il doit garder les yeux fermés entre les essais, le temps que les expérimentateurs changent l'orientation de la cible. Sa main

demeure à plat sur la plaque de départ, il ne lève sa main qu'au signal verbal en même temps qu'il ouvre les yeux et qu'il fixe son regard vers le point central de fixation situé en direction de l'expérimentateur assis face à lui. Ce dernier s'assure qu'il ne regarde pas en direction de la cible à aucun moment et qu'il conserve les yeux ouverts. Le sujet est informé qu'il doit aller le plus rapidement et le plus précisément possible vers la cible et aussi en adoptant la posture de la main demandée. L'expérience dure en moyenne une heure par sujet.

Tableau 1

Les modalités expérimentales

Main utilisée	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	gauche				droite				gauche				droite			
Orientations de la cible		/	--	\		/	--	\		/	--	\		/	--	\
Nombre d'essais	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Total des essais par sujet: 80

Pour les deux situations expérimentales, les mêmes modalités sont utilisées, cependant la séquence des essais diffère (voir le protocole en appendice A).

Chapitre III

Analyse des résultats

Résultats aux tests pré-expérimentaux

La recherche comportait un nombre restreint de sujets expérimentaux, le groupe témoin a été choisi selon des critères de pairage quant à l'âge, au sexe, à la dominance manuelle et au quotient intellectuel. Le tableau 2 présente les Q.I. de tous les sujets. Les résultats aux divers examens neuropsychologiques démontrent des faiblesses chez les sujets témoins (tableau 3). La population se situant au niveau de la déficience légère n'est pas homogène quant aux déficits, cela pourrait expliquer la variation de performance. Néanmoins, tous les sujets ne présentaient pas de problème d'extinction dans le champ visuel, ils possédaient la force musculaire suffisante pour projeter le bras vers une cible, ils avaient une sensibilité tactile correcte et ils contrôlaient convenablement les mouvements de précision unimanuelle sous contrôle visuel. Le test de Snellen (tableau 4) montre que les sujets possédaient l'acuité visuelle suffisante pour la tâche demandée.

Tableau 2
Quotient intellectuel

Sujets	Q.I. verbal	Q.I. non-verbal	Q.I. global	Echelle utilisée
M.P.			78	Barbeau-Pinard
S.D.			70	Standford-Binet
L.G.	81	81	78	Wisc-R
M.G.	71	81	77	Wisc-R
P.G.			76	Barbeau-Pinard
F.C.	75	73	72	Wisc-R
R.B.	79	79	77	Wais-R
R.R.	86	97	89	Wais-R

Tableau 3

Résultats aux tests neuropsychologiques

Épreuve	Sujets:	M.P. acalieux	S.D. acalieux	L.G. acalieux	M.G. acalieux	P.G. témoin	F.C. témoin	R.B. témoin	R.R. témoin
Confrontation visuelle technique		36/36				35/36		36/36	36/36
Test d'oscillation digitale	MD		33	53	48	36.7 anormal	41.7	50.3	37 anormal H.6.
	MG		36	54	51	31.7 anormal	36.7	43.6	49.3
Planche de Purdue	MD ₁₀₀		19	26	25	23 anormal	18 anormal	36	28
	MG ₁₀₀		13	22	23	23	18 anormal	30	31
	DG ₁₀₀		12	20	20	18 anormal probl.diffus	16 anormal probl.diffus	27	26
Agnosie digitale		58/60 normal				60/60 normal	37/40 normal	59/60 normal	59/60 normal
Stimulation simultanée		20/20		20/20	20/20	19/20		20/20	20/20

Tableau 4

Résultats au test d'acuité visuelle de Snellen

Sujets	Oeil droit	Oeil gauche	Binoculaire
M.P.			
S.D.	20/20	20/20	20/20
L.G.	20/20	20/30	20/20
M.G.	20/70	20/50	s.c. 20/40 a.c. 20/30
P.G.	20/25	20/25	20/20
F.C.	20/20	20/20	20/20
R.B.	s.c. 20/50 a.c. 20/30	s.c. 20/50 a.c. 20/30	s.c. 20/40 a.c. 20/30
R.R.	20/25	20/20	20/20
s.c. sans verres correcteurs a.c. avec verres correcteurs			

Analyse des résultats

Résultats à la cible d'orientation

Les résultats obtenus à l'épreuve d'orientation sont présentés en premier lieu d'abord de façon descriptive, puis de façon quantitative.

A. Analyse descriptive

1. Essais rejetés

Il est important de noter qu'un certain nombre d'essais ont été rejetés à cause d'erreurs de la part du sujet. Ces erreurs appartenaient aux catégories suivantes: le sujet ne fixe pas le repère central pendant la tâche (1) soit parce qu'il regarde vers la cible pendant la tâche, (2) soit parce qu'il regarde du côté opposé à la cible pendant la tâche, de sorte que la cible n'est plus dans son champ de vision périphérique, (3) enfin une dernière catégorie, le sujet abandonne la tâche après une tentative infructueuse. De fait, ces essais rejetés représentent souvent une difficulté rencontrée par le sujet à terminer la tâche, les erreurs commises peuvent être considérées comme des tentatives pour surmonter la difficulté.

comparés à ceux obtenus par les sujets témoins selon le test de Wilcoxon pour données paires dans le tableau 5 ci-après.

Tableau 5
Essais rejetés à la cible d'orientation

	Exp.	Témoins	Diff.	Rang	Val.-	Val.+
CG MG	1	0	1	2.5		+ 2.5
	0	5	- 5	10.5	- 10.5	
	2	0	2	6		+ 6
	0	0	0			
CG MD	5	0	5	10.5		+ 10.5
	1	4	- 3	8.5	- 8.5	
	3	0	3	8.5		+ 8.5
	2	0	2	6		+ 6
CD MG	10	0	10	12.5		+ 12.5
	3	2	1	2.5		+ 2.5
	0	0	0			
	1	0	1	2.5		+ 2.5
CD MD	12	2	10	12.5		+ 12.5
	3	3	0			
	2	0	2	6		+ 6
	1	0	1	2.5		+ 2.5

Cette analyse indique une tendance chez les sujets expérimentaux à faire plus d'erreurs pendant la tâche que les sujets témoins ($N = 13$, $T = 72$, $p < .05$). Le tableau 6 présente l'ensemble des essais rejetés avec le détail des motifs de rejet pour la tâche d'orientation en appendice B.

A partir d'ici tout le reste de l'analyse portera sur les essais retenus, c'est-à-dire les essais où le sujet a conservé une fixation centrale du regard pendant toute la durée de la tâche jusqu'à sa réussite.

2. Réussites directes

Il est intéressant de relever les réussites directes pour la tâche d'orientation. Tout essai complété sans que le sujet ne bute sur la cible pour entrer la main dans l'ouverture est une réussite directe. La compilation des réussites directes ajoute une information se distinguant des erreurs spatiales et des erreurs d'orientation. En effet ces deux types d'erreurs peuvent être présents, mais à un degré léger, même dans les cas de réussite directe à cause des dimensions de la fente. Il ne faudra donc pas confondre réussite directe et précision de la main. Le test de Wilcoxon pour échantillons paires est présenté au tableau 7 pour comparer la différence dans le nombre des réussites directes entre les sujets expérimentaux et les sujets témoins.

Tableau 7

Réussites directes à la cible d'orientation

	exp.	témoins	diff.	rang	val.-	val.+
CG MG	8	13	- 5	6.5	- 6.5	
	1	5	- 4	4.5	- 4.5	
	3	14	- 11	14	- 14	
	1	16	- 15	16	- 16	
CG MD	1	9	- 8	11	- 11	
	1	3	- 2	2	- 2	
	1	12	- 11	14	- 14	
	6	12	- 6	8	- 8	
CD MG	4	8	- 4	4.5	- 4.5	
	3	6	- 3	3	- 3	
	4	12	- 8	11	- 11	
	1	12	- 12	14	- 14	
CD MD	6	11	- 5	6.5	- 6.5	
	6	5	+ 1	1		+ 1
	3	11	- 8	11	- 11	
	3	10	- 7	9	- 9	

Les sujets témoins ont obtenu significativement plus de réussites directes à la cible d'orientation que les sujets expérimentaux ($N = 16$; $T = 135$, $p < .005$). Le détail des réussites directes par sujet pour chaque condition champ x main x orientation est donné en appendice B (tableau 8).

3. Erreurs de façonnement de la main

Différentes déviations de la main ont été observées par rapport à la consigne demandée. Bien qu'un sujet ait pu présenter plusieurs déviations de façonnement pour un même essai, la cotation a été ramenée à une seule erreur par essai. Les quatre types d'erreur suivants ont été retenus: (1) les doigts n'étaient pas groupés ou non alignés, (2) les doigts ou la main étaient en flexion, (3) les doigts ou la main étaient en extension, (4) la main était en déviation selon l'axe radial-cubital. Un tableau détaillé de ces déviations de façonnement est présenté en appendice B (tableau 9).

Une comparaison de la fréquence d'erreurs entre les sujets expérimentaux et les sujets témoins a été analysée comme l'illustre le tableau 10.

Tableau 10

Erreurs de façonnement de la main
pour la tâche d'orientation

	exp.	témoins	diff.	rang	val.-	val.+
CG MG	4	0	+ 4	7.5		+ 7.5
	7	10	- 3	4.5	- 4.5	
	16	1	+ 15	13		+ 13
	14	0	+ 14	12		+ 12
CG MD	1	0	+ 1	1.5		+ 1.5
	6	3	+ 3	4.5		+ 4.5
	8	1	+ 7	10		+ 10
	2	2	0			
CD MG	4	0	+ 4	7.5		+ 7.5
	6	10	- 4	7.5	- 7.5	
	13	2	+ 11	11		+ 11
	4	0	+ 4	7.5		+ 7.5
CD MD	0	0	0			
	3	2	1	1.5		+ 1.5
	19	1	+ 18	14		+ 14
	3	1	+ 2	3		+ 3

Le test de Wilcoxon indique qu'il existe une différence significative entre les deux groupes sur l'ensemble de leurs erreurs de façonnement ($N = 14$, $T = 93$, $p < .005$), les sujets expérimentaux commettant plus d'erreurs que les sujets témoins.

En fait l'un des sujets agénésiques L.G., faisait très souvent une erreur de déviation de la main, observable surtout dans le champ gauche avec la main gauche et également dans le champ droit avec la main droite. Son erreur était de type cubital, c'est-à-dire que la main était trop tournée vers l'extérieur malgré un bon alignement des doigts. Cela pouvait à l'occasion entraîner une imprécision importante (une erreur spatiale par exemple) à l'arrivée sur la cible.

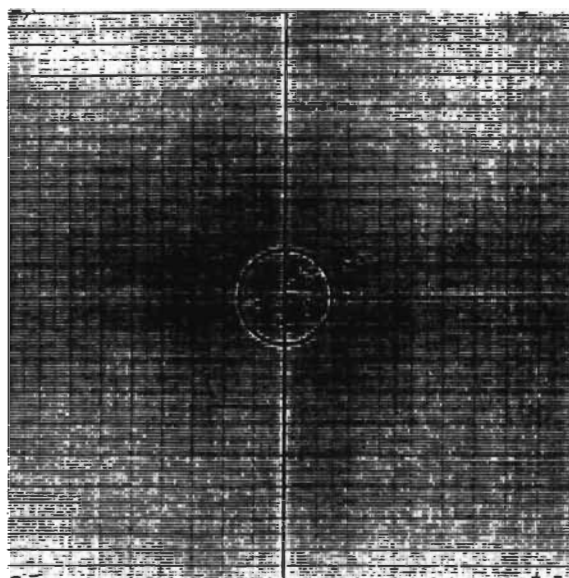
4. Précision à la cible

Pour chaque sujet et pour chaque condition champ-main, sans égard à l'orientation de la fente, la précision du centre de la main au contact est déduite comme s'il s'agissait d'un pointage. Le point milieu de l'axe index-auriculaire est indiqué sur une grille millimétrée d'après les dimensions réelles de la cible. La performance des sujets est illustrée à l'aide des figures 3 à 10: a) pour le champ gauche et la main gauche, b) pour le champ gauche et la main droite, c) pour le

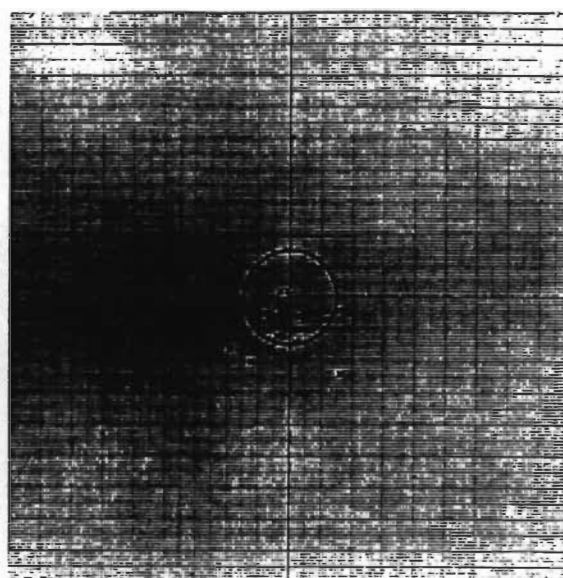
champ droit et la main gauche et d) pour le champ droit et la main droite.

Sur ces figures, une circonférence est ajoutée et son rayon représente la moyenne des erreurs observées chez le groupe témoin pour l'ensemble des réponses à la cible d'orientation, soit 1.5005 cm. Les grilles de précision donnent un aperçu de la dispersion des erreurs commises par chaque sujet pour une condition donnée champ-main et en rapport à la moyenne des erreurs du groupe témoin pour toutes les conditions. L'erreur spatiale étant faible, les pointages sont rapportés sur un plan s'étendant de 0 à ± 9 cm en abscisse et en ordonnée; les dimensions de la grille correspondent à l'erreur maximale rencontrée lors des essais. Pour faciliter la lecture de ces grilles, elles ont été réduites à environ 40 % des dimensions originales. Cette information se veut uniquement descriptive, la partie subséquente (analyse quantitative) traitant de l'aspect statistique de ces performances.

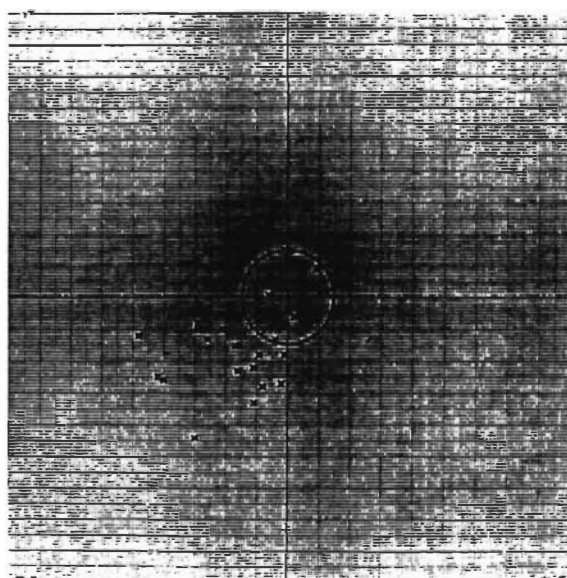
Dans l'ensemble des schémas de précision de la main, il n'y a pas de tendances qui se dégagent.



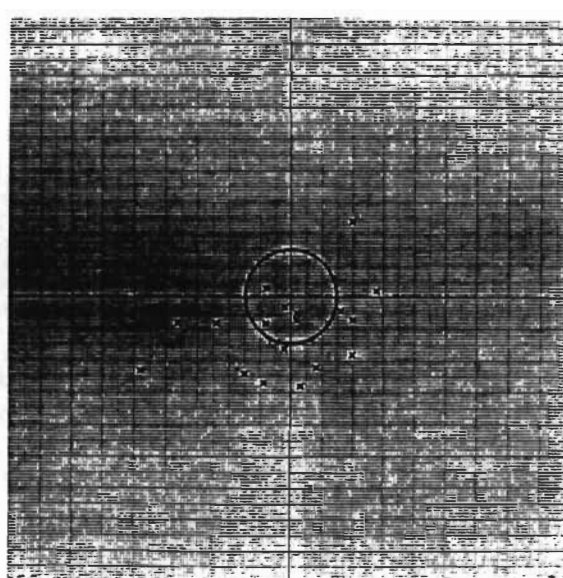
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

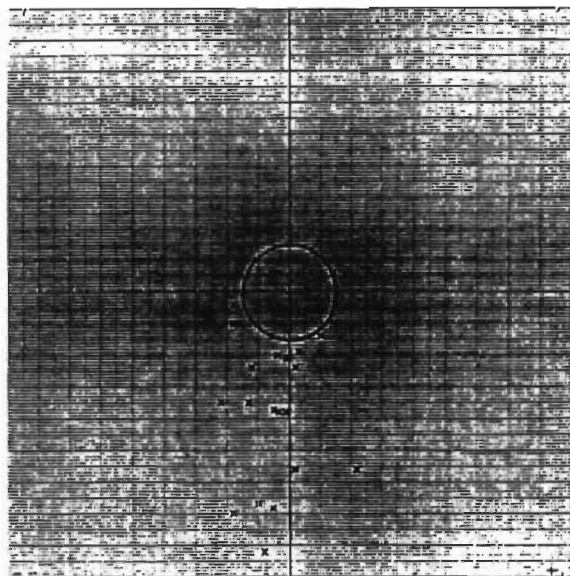


b) champ gauche, main droite

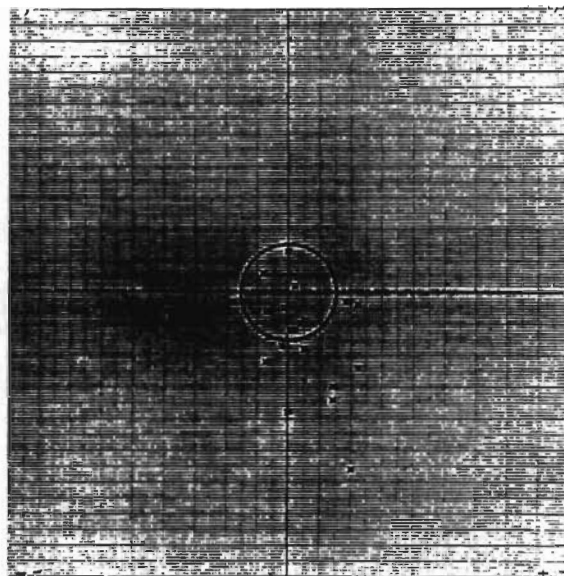


d) champ droit, main gauche

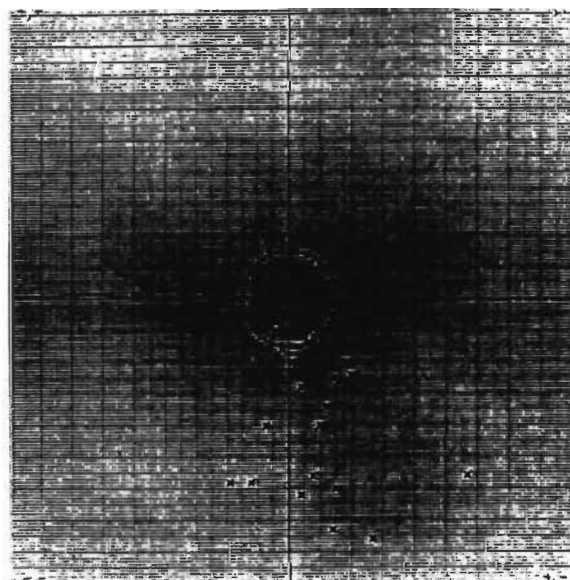
Fig. 3- Précision du pointage à la cible d'orientation.
 Par le sujet M.P. callosotomisé avec épargne du splénium :
 conditions directes (a, c), conditions croisées (b, d).



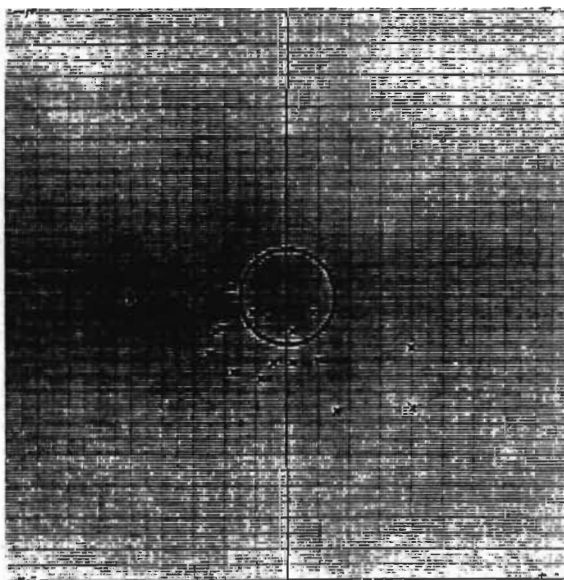
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

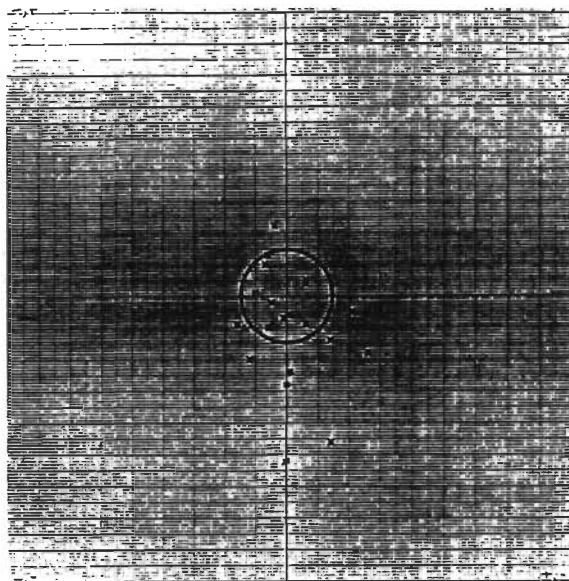


b) champ gauche, main droite

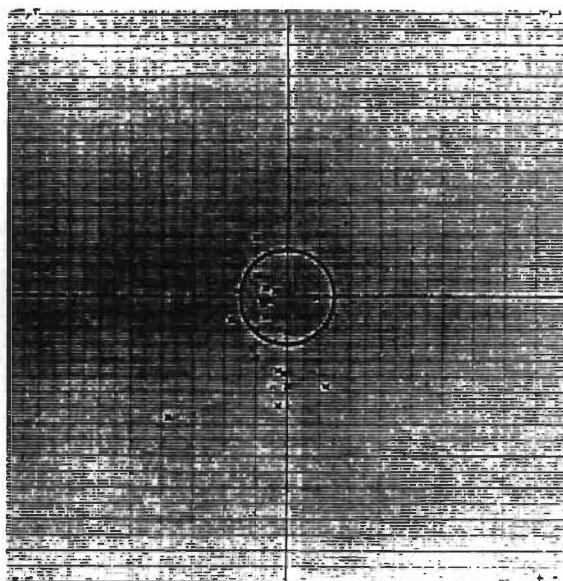


d) champ droit, main gauche

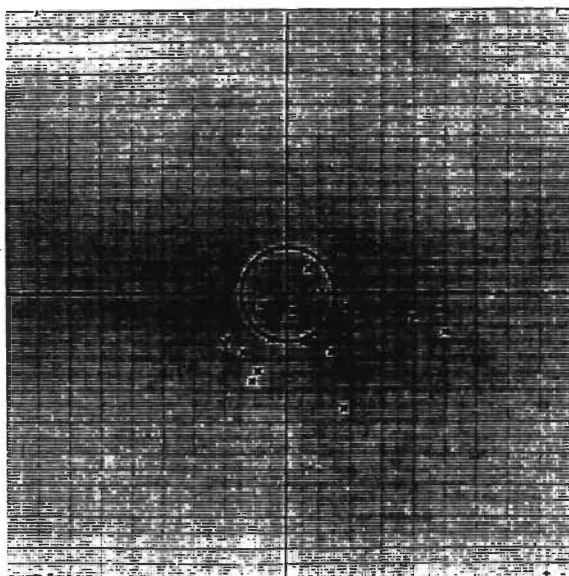
Fig. 4- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet S.D. avec callosotomie totale.



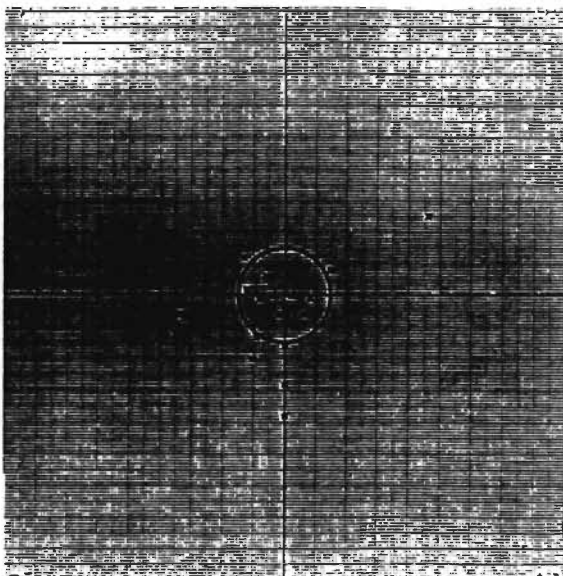
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

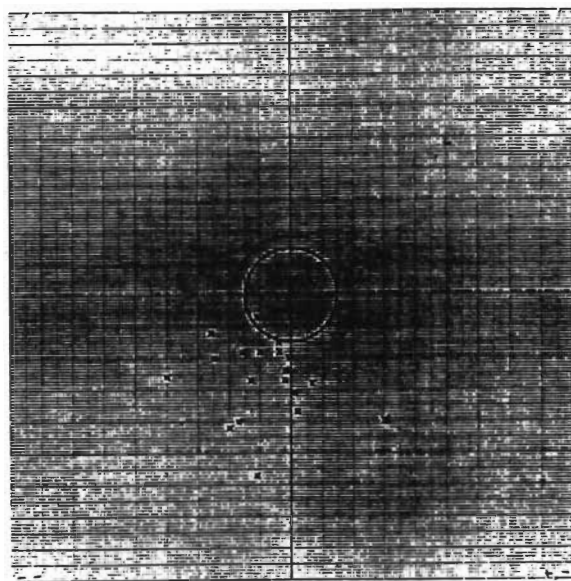


b) champ gauche, main droite

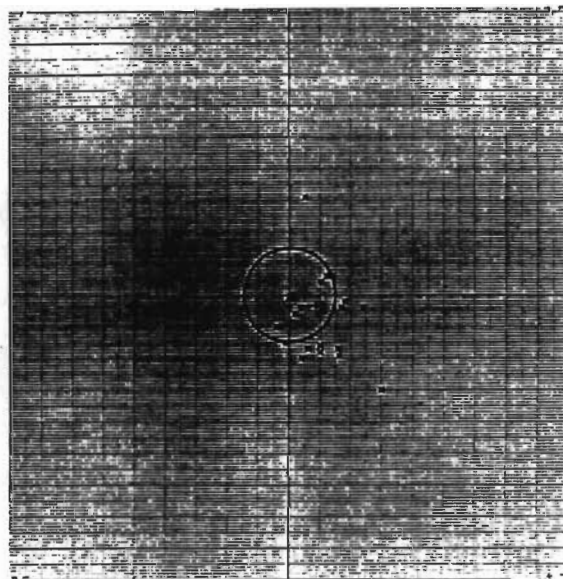


d) champ droit, main gauche

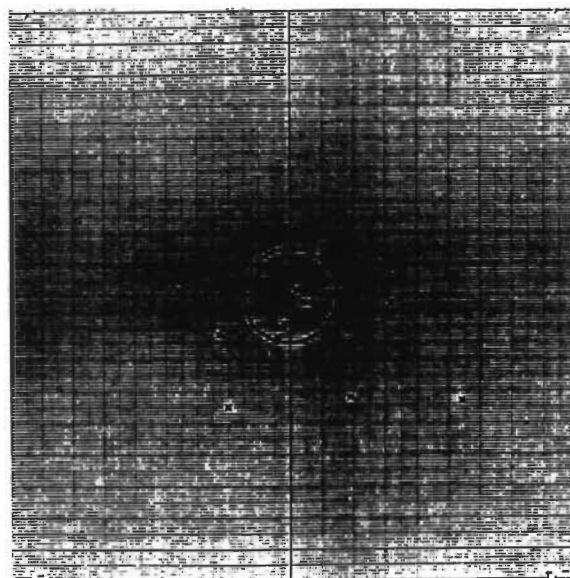
Fig. 5- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet agénésique L.G.



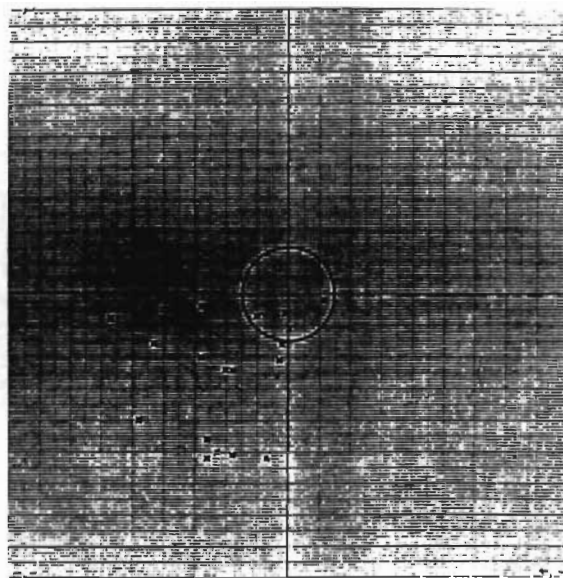
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

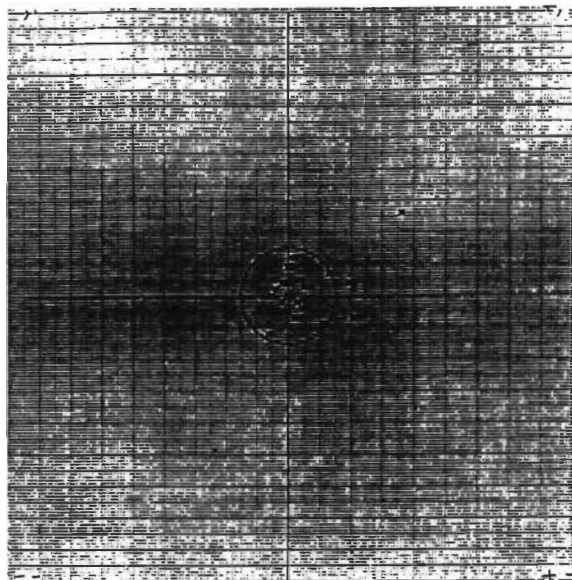


b) champ gauche, main droite

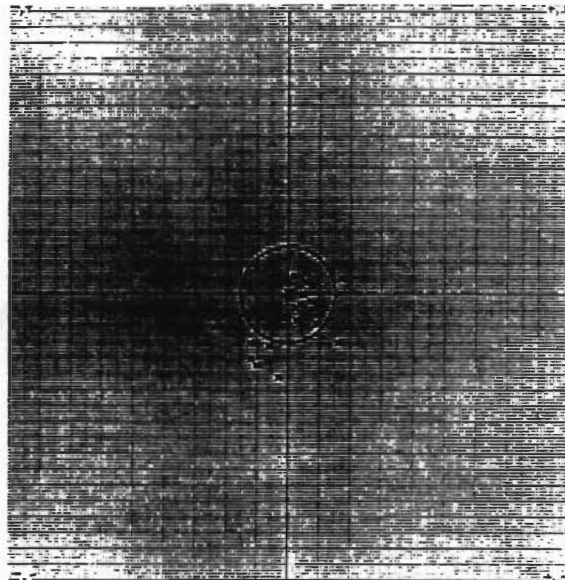


d) champ droit, main gauche

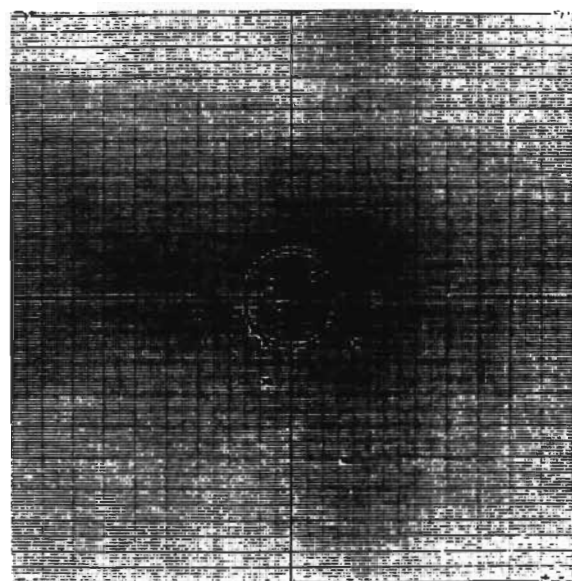
Fig. 6- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet agénésique M.G.



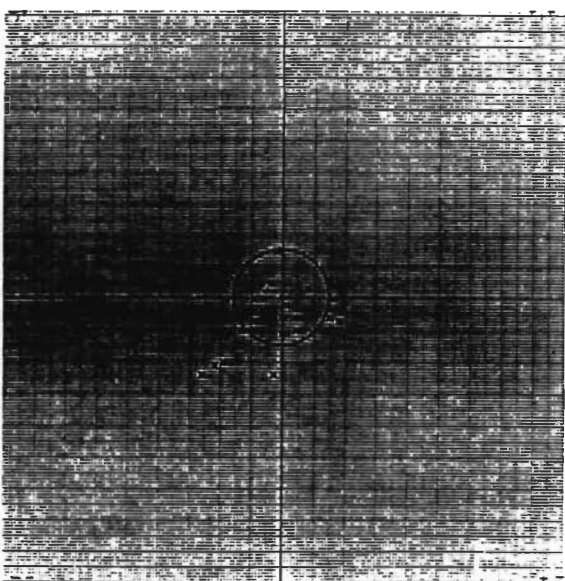
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

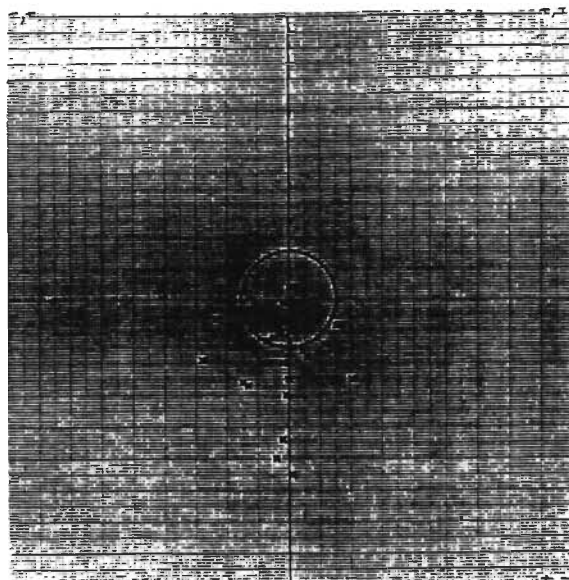


b) champ gauche, main droite

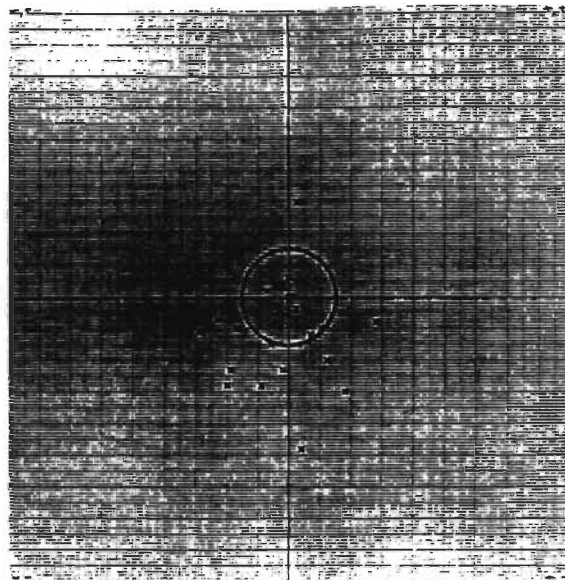


d) champ droit, main gauche

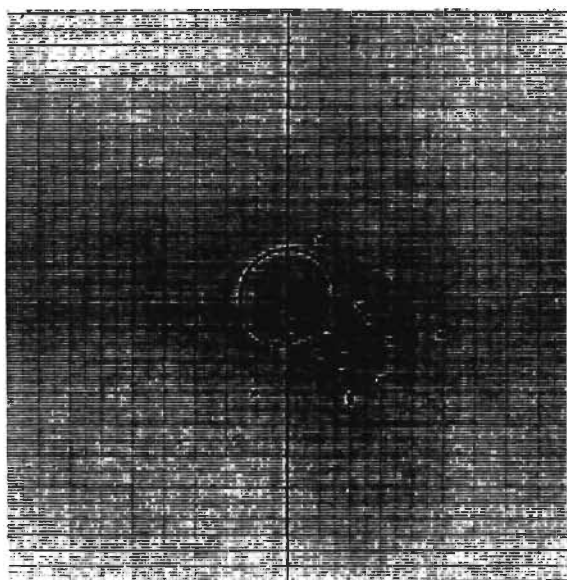
Fig. 7- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet pairé à M.P.



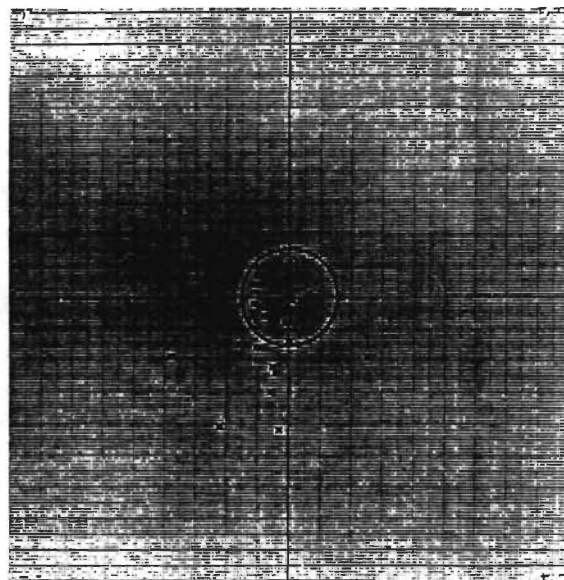
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

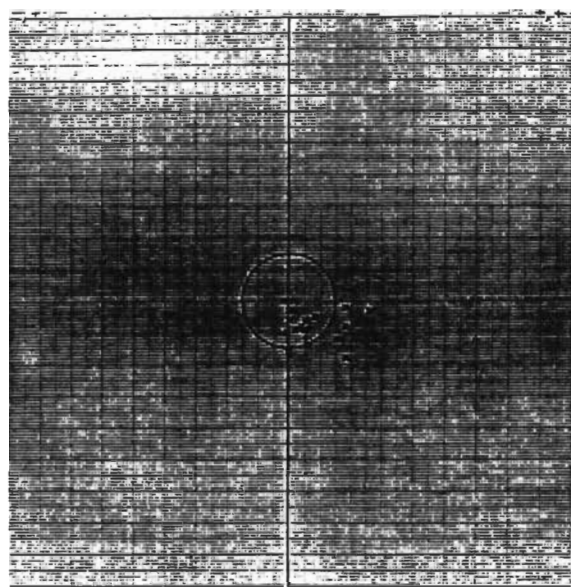


b) champ gauche, main droite

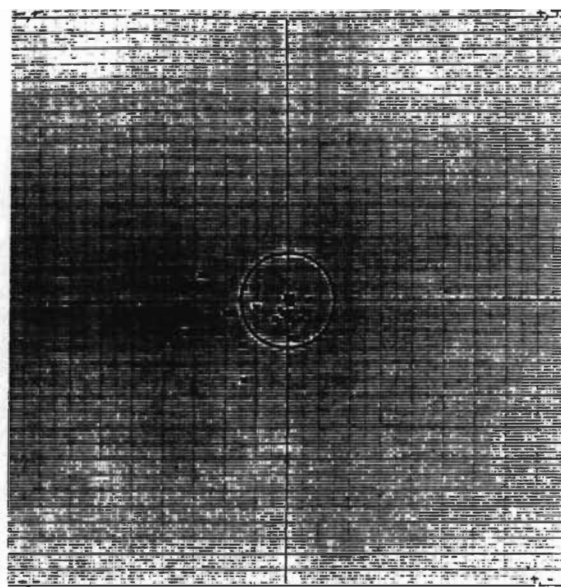


d) champ droit, main gauche

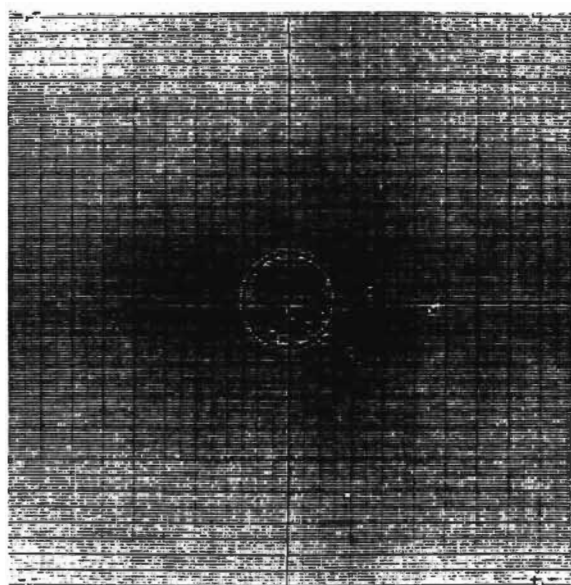
Fig. 8- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet pairé à S.D.



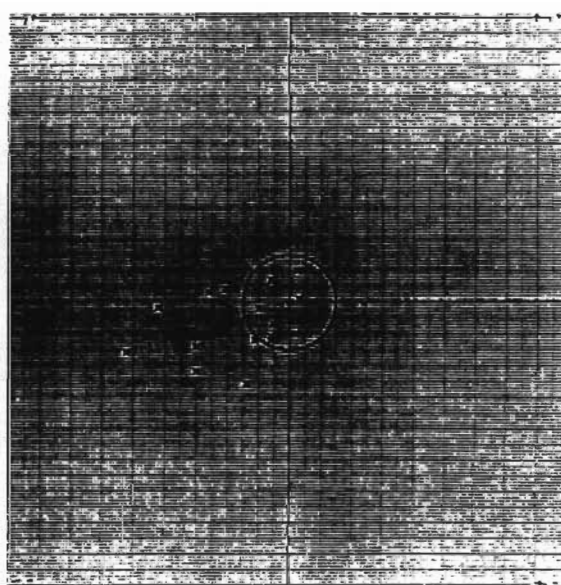
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

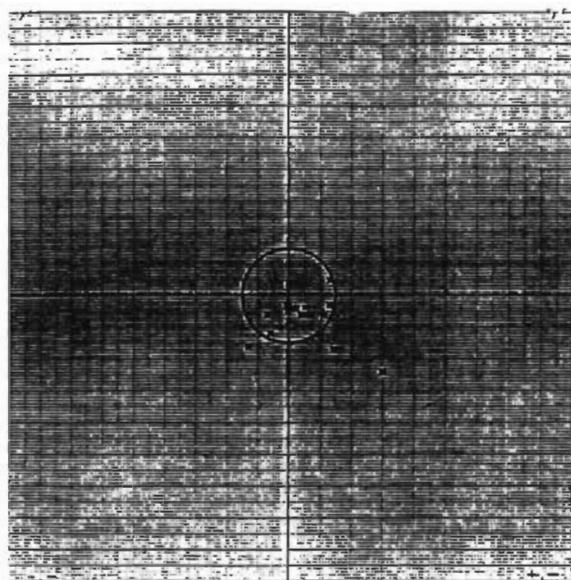


b) champ gauche, main droite

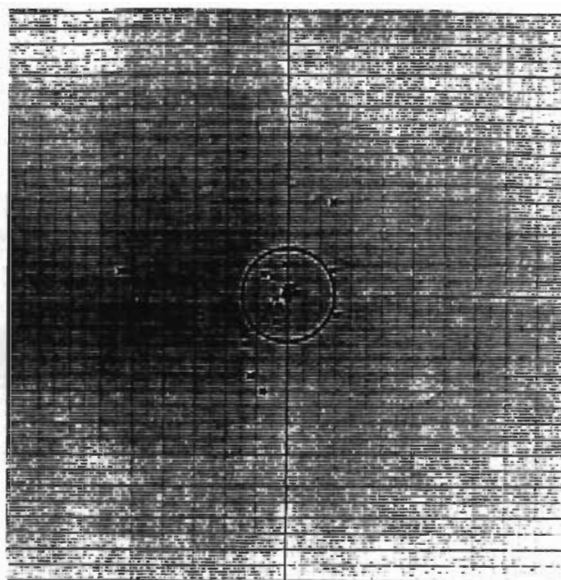


d) champ droit, main gauche

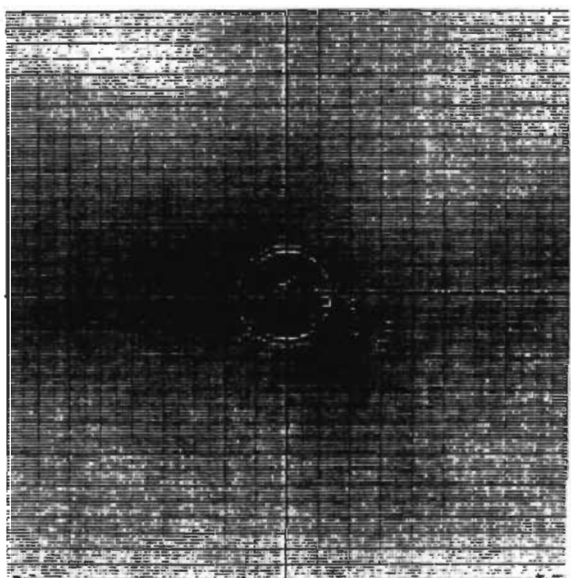
Fig. 9- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet pairé à L.G.



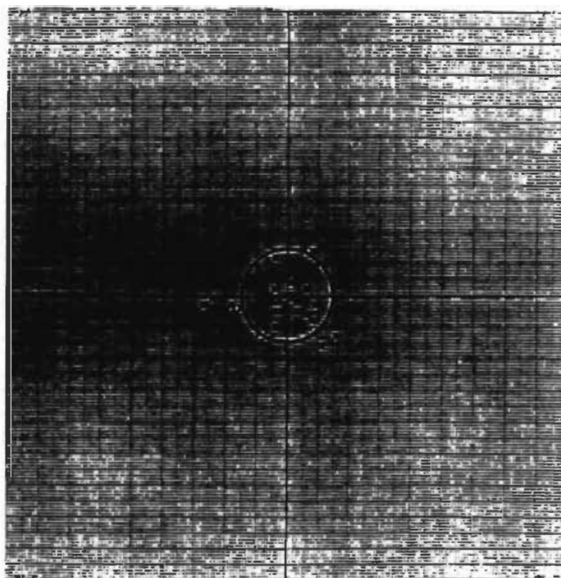
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite



b) champ gauche, main droite



d) champ droit, main gauche

Fig. 10- Précision du pointage à la cible d'orientation. Par le sujet pairé à M.G.

B. Analyse quantitative

Les données spatiales et angulaires ont été reportées sur tablette graphique pour permettre l'analyse quantitative des erreurs spatiales et des erreurs d'angle (se référer au chapitre de la méthodologie pour plus de renseignements). L'analyse de variance à mesures répétées est la méthode statistique choisie; le groupe, le champ, la main et l'orientation constituent les facteurs principaux. Il y a deux groupes, soit le groupe expérimental A1 et le groupe contrôle A2. Il y a deux champs visuels de présentation du stimulus: le champ gauche B1 et le champ droit B2. Pour chaque champ visuel le sujet doit se servir de la main gauche C1 ou de la main droite C2. Il y a quatre orientations présentées au sujet pour chaque condition champ-main. Ces orientations seront nommées comme suit: D1 pour | , D2 pour / , D3 pour — , D4 pour \ . Ces analyses sont effectuées sur un ordinateur Apple MacIntosh SE, à l'aide du programme CLR Anova.

1. Erreurs spatiales

Le tableau 11 indique les erreurs spatiales moyennes, exprimées en cm, par rapport au point milieu de la cible d'orientation pour le groupe expérimental et le groupe témoin, selon chaque condition du champ et de la main.

Tableau 11
Moyennes des erreurs spatiales
à la cible d'orientation

	Champ gauche		Champ droit	
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite
Groupe				
Expérimental	2.4775	2.8025	2.4875	1.6656
Groupe				
Témoin	1.3625	1.6694	1.5938	1.3763

Les moyennes individuelles et les écarts-types d'erreurs spatiales pour chacun des sujets expérimentaux et témoins sont présentés en appendice B (tableau 12).

L'analyse de variance (tableau 13) fait ressortir une forte tendance pour le groupe expérimental à être plus imprécis, en termes d'erreurs spatiales, que le groupe témoin ($F_{(1,4)} = 4.57$, $p = .07$). En fait, dans l'ensemble, le groupe expérimental produit des erreurs moyennes de 2.36 cm alors que le groupe témoin exécute la tâche avec une erreur moyenne de 1.5 cm.

Tableau 13
Sommaire de l'analyse de variance
des erreurs spatiales
à la cible d'orientation

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	23.547	23.547	4.572	.0763	
Error	6	30.899	5.150			
B	1	2.826	2.826	2.157	.1923	
AB	1	2.268	2.268	1.731	.2363	
Error	6	7.862	1.310			1.00
C	1	.332	.332	.190	.6784	
AC	1	.687	.687	.393	.5540	
Error	6	10.502	1.750			1.00
BC	1	5.586	5.586	9.234	.0228	
ABC	1	.775	.775	1.281	.3009	
Error	6	3.630	.605			1.00
D	3	.251	.084	.105	.9561	
AD	3	1.351	.450	.566	.6443	
Error	18	14.319	.796			.91
BD	3	1.351	.450	2.294	.1125	
ABD	3	1.440	.480	2.446	.0972	
Error	18	3.533	.196			.80
CD	3	2.172	.724	3.298	.0442	
ACD	3	.711	.237	1.079	.3829	
Error	18	3.952	.220			.74
BCD	3	1.793	.598	2.066	.1407	
ABCD	3	1.227	.409	1.414	.2713	
Error	18	5.208	.289			.60

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

L'analyse de variance révèle une interaction significative entre la main utilisée et le champ visuel stimulé à la cible d'orientation (fig. 11): ainsi, la main gauche est meilleure dans le champ visuel gauche (c'est-à-dire qu'elle commet moins d'erreurs spatiales) et inversement que la main droite est meilleure dans le champ droit, cela pour tous les sujets ($F_{(1, 6)} = 9.234$, $p = .03$).

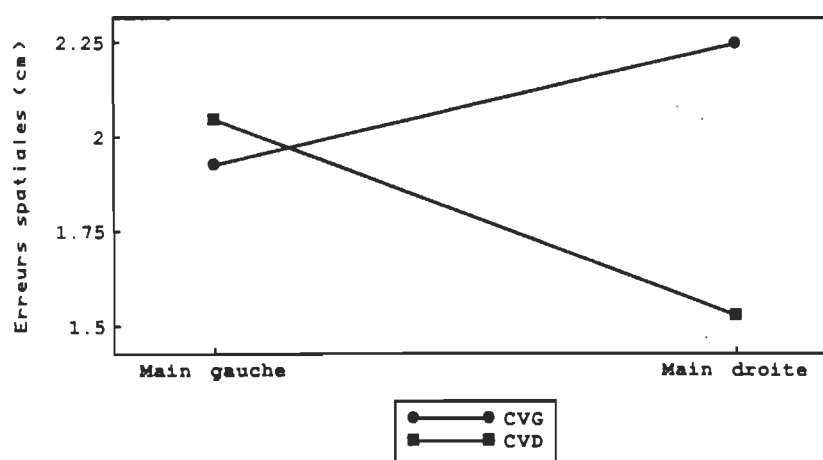


Fig. 11 - Cible d'orientation: erreurs spatiales liées au champ visuel et à la main.

L'analyse indique également une tendance pour le groupe expérimental à être plus ou moins précis selon l'orientation dans le champ visuel gauche, alors que sa performance pour une stimulation dans le champ visuel droit ne varie pas selon l'orientation; pour le groupe témoin, il n'y a pas de variation liée au champ visuel utilisé et à l'orientation de la cible ($F_{(3, 18)} = 2.446$, $p = .09$).

Enfin avec la main gauche, moins d'erreurs sont commises pour les orientations D1 et D4, alors qu'avec la main droite, plus d'erreurs surviennent à ces mêmes orientations ($F_{(3,10)} = 3.3$, $p = .04$; figure 12) et moins d'erreurs sont commises avec les orientations D2 et D3.

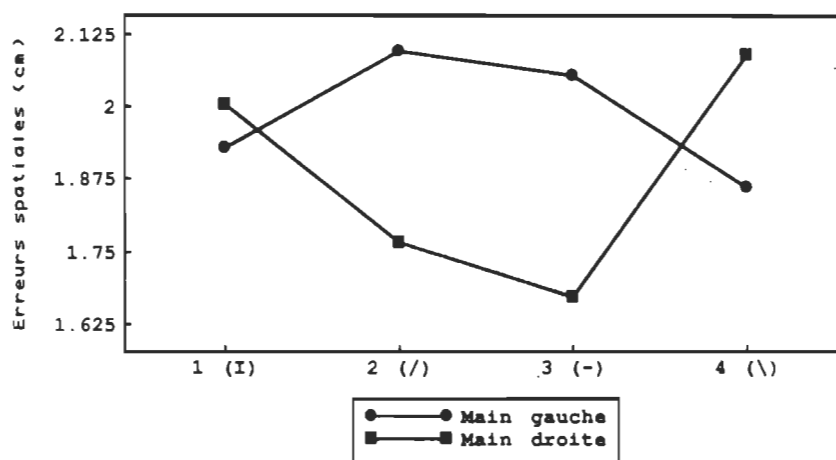


Fig. 12 - Cible d'orientation: erreurs spatiales reliées au champ visuel et à l'orientation de la cible.

2. Erreurs d'angulation

Les erreurs d'angle à l'arrivée à la cible ont été moyennées et sont présentées dans le tableau 14.

Tableau 14

Moyennes des erreurs d'angle
à la cible d'orientation, exprimées en degrés.

	Champ gauche		Champ droit	
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite
Groupe				
Expérimental	21.9406	29.0388	24.1525	9.8256
Groupe				
Témoin	9.9625	9.1488	10.8525	10.9888

Les moyennes individuelles d'erreurs d'angulation pour tous les sujets expérimentaux et témoins sont rapportées en appendice B (tableau 15). De nouveau, une analyse de variance a été menée sur les données individuelles (tableau 16).

Tableau 16

Sommaire de l'analyse de variance
des erreurs d'angulation à la tâche d'orientation

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	3877.502	3877.502	6.127	.0481	
Error	6	3797.066	632.844			
B	1	407.194	407.194	4.189	.0866	
AB	1	780.619	780.619	8.030	.0298	
Error	6	583.242	97.207			1.00
C	1	125.018	125.018	.386	.5572	
AC	1	86.297	86.297	.267	.6241	
Error	6	1942.519	323.753			1.00
BC	1	839.988	839.988	5.606	.0557	
ABC	1	997.369	997.369	6.656	.0418	
Error	6	899.051	149.842			1.00
D	3	1164.096	388.032	2.812	.0688	
AD	3	246.684	82.228	.596	.6258	
Error	18	2483.902	137.995			.62
BD	3	471.998	157.333	2.601	.0839	
ABD	3	161.626	53.875	.891	.4649	
Error	18	1088.973	60.499			.55
CD	3	247.150	82.383	.797	.5113	
ACD	3	210.355	70.118	.679	.5764	
Error	18	1859.605	103.311			.62
BCD	3	266.028	88.676	.607	.6189	
ABCD	3	672.581	224.194	1.535	.2397	
Error	18	2629.275	146.071			.61

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

Le traitement des résultats indique que l'erreur d'angle est deux fois plus importante chez les sujets expérimentaux que chez les sujets témoins ($F_{(1,4)} = 6.13$, $p = .05$). Les sujets expérimentaux font une erreur d'angle moyenne de 21.2406 degrés, alors que les sujets témoins en font une de 10.2328 en moyenne.

Si l'on considère l'erreur angulaire selon le champ visuel, on constate que les sujets, en général, tendent à être plus imprécis dans le champ gauche que dans le champ droit, ($F_{(1,4)} = 4.19$, $p = .09$). Ainsi, dans le champ gauche, on observe en moyenne une erreur de 17.52 degrés, alors que dans le champ droit, cet écart est de 13.96 degrés.

L'analyse montre également que les sujets expérimentaux sont nettement plus imprécis dans le champ gauche que dans le champ droit, alors que cette différence est beaucoup moins apparente chez les sujets témoins ($F_{(1,4)} = 8.03$, $p = .03$; figure 13).

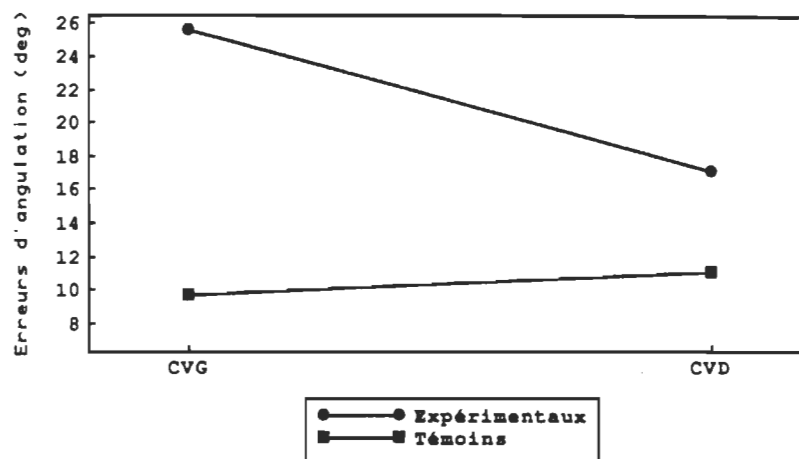


Fig. 13 - Cible d'orientation: erreurs angulaires reliées au groupe et au champ visuel.

De nouveau, l'analyse indique qu'en général les sujets sont meilleurs avec la main gauche dans le champ gauche et avec la main droite dans le champ droit ($F_{(1,6)} = 5.61$, $p = .06$). Par ailleurs, cet effet champ \times main est observé beaucoup plus chez les sujets expérimentaux que chez les sujets témoins, indiquant que la résolution de la tâche se fait mieux en condition ipsilatérale qu'en contralatérale chez ces sujets ($F_{(1,6)} = 6.66$, $p = .04$; figures 14 et 15).

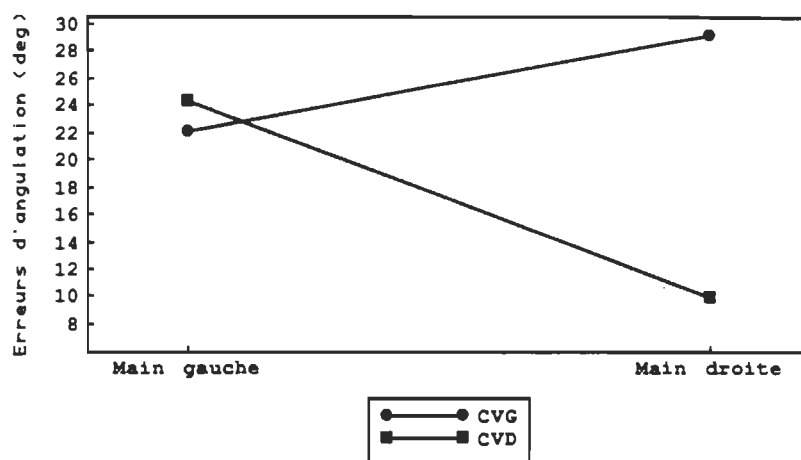


Fig. 14 - Cible d'orientation: erreurs angulaires du groupe acalculous, reliées au champ visuel et à la main.

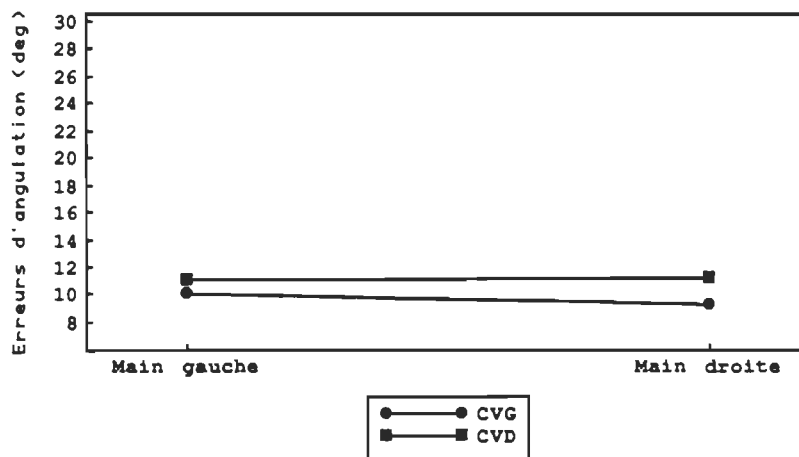


Fig. 15 - Cible d'orientation: erreurs angulaires du groupe témoin, reliées au champ visuel et à la main.

Le tableau 17 présente les erreurs uniquement selon l'orientation de la cible. Il apparaît que tous les sujets sont plus précis pour l'orientation horizontale (D3), ($F_{(3,10)} = 2.6, p = .07$).

Tableau 17

Erreurs d'angulation de la main
selon l'orientation présentée à la cible d'orientation

Orientation présentée		Degrés d'erreur
D1	verticale	16.9344
D2	oblique à droite	16.8719
D3	horizontale	10.6375
D4	oblique à gauche	18.5031

Une autre interaction est observée, soit celle indiquant une tendance à ce que la performance dans un champ varie selon l'orientation de la cible ($F_{(3,10)} = 2.6, p = .08$, figure 16).

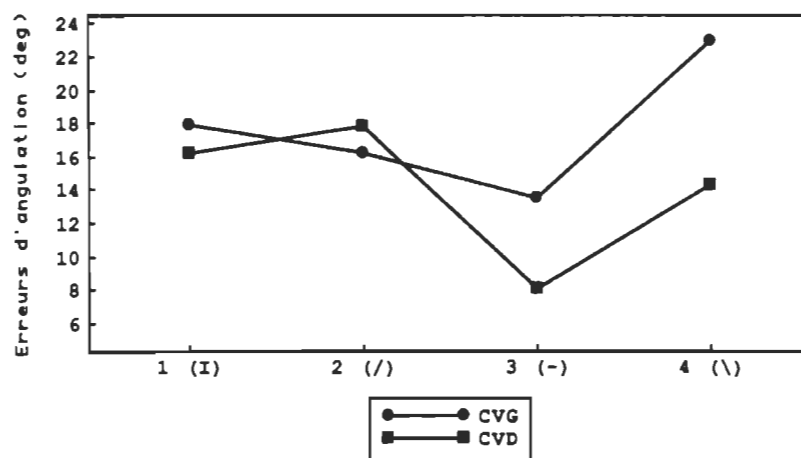


Fig. 16 - Cible d'orientation: erreurs d'angle reliées au champ visuel et à l'orientation de la cible.

3. Temps de transport à la cible d'orientation

Le tableau 18 en appendice B contient les moyennes individuelles des temps de transport en centièmes de secondes pour chaque condition. Les moyennes de groupe pour le temps de transport vers la cible d'orientation sont montrées au tableau 19, elles sont compilées selon le champ visuel de présentation et la main employée.

Tableau 19

Moyennes des temps de transport
à la cible d'orientation en centièmes de seconde

	Champ gauche		Champ droit	
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite
Groupe				
Expérimental	43.69	52.38	60.07	43.38
Groupe				
Témoin	47.00	56.63	52.07	45.75

Afin de normaliser les résultats, deux étapes ont été franchies. D'une part, une valeur constante inférieure au temps de transport le plus rapide rencontré dans l'ensemble des sujets a été soustraite aux moyennes individuelles de transport; cette constante étant de 20 centièmes de seconde. D'autre part, le logarithme naturel des moyennes modifiées a été calculé et l'analyse statistique finale a été effectuée à partir de ces dernières valeurs. Cette analyse est présentée au tableau 20.

Tableau 20

Sommaire de l'analyse de variance des temps de transport
à la cible d'orientation

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	.005	.005	.003	.9594	
Error	6	11.211	1.868			
B	1	.032	.032	.241	.6406	
AB	1	.925	.925	7.004	.0382	
Error	6	.792	.132			1.00
C	1	.039	.039	.268	.6232	
AC	1	.029	.029	.201	.6697	
Error	6	.878	.146			1.00
BC	1	5.857	5.857	21.961	.0034	
ABC	1	.557	.557	2.087	.1987	
Error	6	1.600	.267			1.00
D	3	.057	.019	1.132	.3626	
AD	3	.038	.013	.763	.5296	
Error	18	.300	.017			.66
BD	3	.037	.012	.782	.5194	
ABD	3	.038	.013	.785	.5180	
Error	18	.287	.016			.71
CD	3	.031	.010	.935	.4440	
ACD	3	.011	.004	.335	.7999	
Error	18	.197	.011			.69
BCD	3	.046	.015	.698	.5654	
ABCD	3	.024	.008	.366	.7786	
Error	18	.391	.022			.69

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

En général, l'analyse fait ressortir que les sujets expérimentaux sont plus rapides dans le champ gauche que dans le champ droit, alors que le phénomène inverse est observé pour les sujets témoins ($F_{(1,6)} = 7.0$, $p = .04$, figure 17).

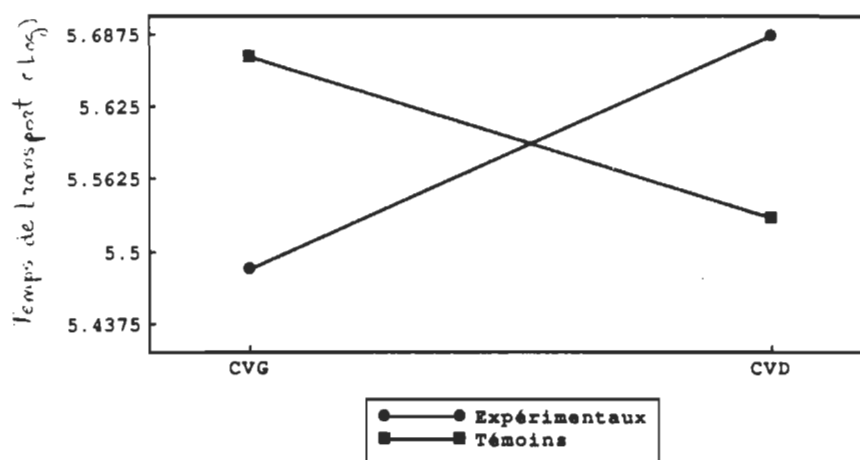


Fig. 17 - Cible d'orientation: temps de transport, différence selon le groupe et le champ visuel.

Tel qu'attendu, les sujets sont nettement avantagés dans le champ droit avec la main droite et dans le champ gauche avec la main gauche ($F_{(1,2)} = 21.96$, $p = .003$, figure 18).

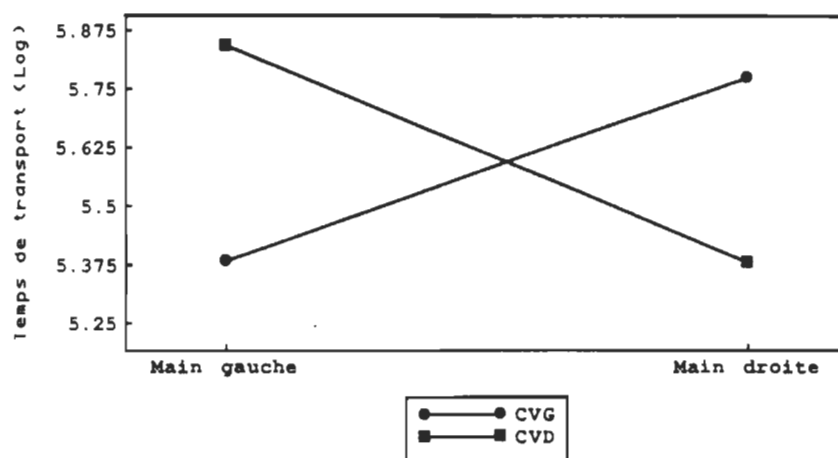


Fig. 18 - Cible d'orientation: temps de transport, différence reliée au champ visuel et à la main.

4. Temps de réussite à la cible d'orientation

Les moyennes individuelles pour toutes les conditions champ x main x orientation d'après les temps réels, en centièmes de secondes, sont rapportées en appendice B (tableau 21). Le tableau 22 décrit pour chacun des groupes expérimental et témoin la moyenne des temps de réussite pour la tâche d'orientation en tenant compte du champ visuel de présentation et de la main utilisée.

Tableau 22

Moyennes des temps de réussite
à la cible d'orientation

	Champ gauche		Champ droit	
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite
Groupe				
Expérimental	87.88	125.86	127.57	83.00
Groupe				
Témoin	84.94	100.50	78.96	77.25

Comme précédemment un facteur de correction inférieur au temps le plus rapide rencontré sur l'ensemble des sujets a été enlevé à toutes les données individuelles; ce facteur soustrait étant de 30 centièmes de secondes. Le logarithme

naturel a ensuite été calculé sur ces moyennes. Une analyse de variance a été menée à partir de ces valeurs (tableau 23).

Tableau 23

Sommaire de l'analyse de variance des temps de réussite
à la cible d'orientation

Source de	df	Somme des	Moyenne	F	p	Correction
A	1	3.478	3.478	.776	.4122	
Error	6	26.892	4.482			
B	1	.498	.498	6.163	.0476	
AB	1	.578	.578	7.158	.0368	
Error	6	.484	.081			1.00
C	1	.025	.025	.269	.6225	
AC	1	.012	.012	.124	.7372	
Error	6	.564	.094			1.00
BC	1	6.453	6.453	6.971	.0385	
ABC	1	.891	.891	.963	.3644	
Error	6	5.554	.926			1.00
D	3	.234	.078	2.060	.1414	
AD	3	.027	.009	.239	.8677	
Error	18	.682	.038			.63
BD	3	.269	.090	5.580	.0069	
ABD	3	.062	.021	1.279	.3117	
Error	18	.290	.016			.74
CD	3	.187	.062	1.659	.2112	
ACD	3	.193	.064	1.710	.2007	
Error	18	.676	.038			.87
BCD	3	.029	.010	.341	.7957	
ABCD	3	.089	.030	1.057	.3918	
Error	18	.508	.028			.64

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

L'analyse statistique effectuée sur ces valeurs a révélé une différence significative selon le champ pour l'ensemble des sujets, ces derniers étant en général plus lents à gauche qu'à droite ($F_{(1,6)} = 6.16, p = .05$).

Cet effet de champ est observé spécifiquement chez les sujets témoins, alors que les sujets expérimentaux prennent le même temps pour réussir la tâche à gauche et à droite ($F_{(1,6)} = 7.16, p = .04$; figure 19).

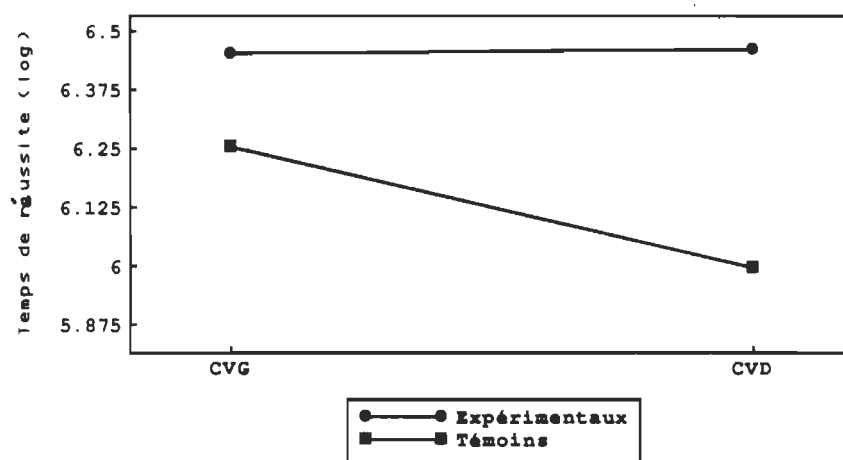


Fig. 19 - Cible d'orientation: temps de réussite, différence entre les groupes selon le champ visuel.

L'analyse confirme de plus que la main gauche est plus rapide dans le champ gauche et que la main droite est plus rapide dans le champ droit, cela pour tous les sujets en général ($F_{(1,6)} = 6.97, p = .04$; figure 20).

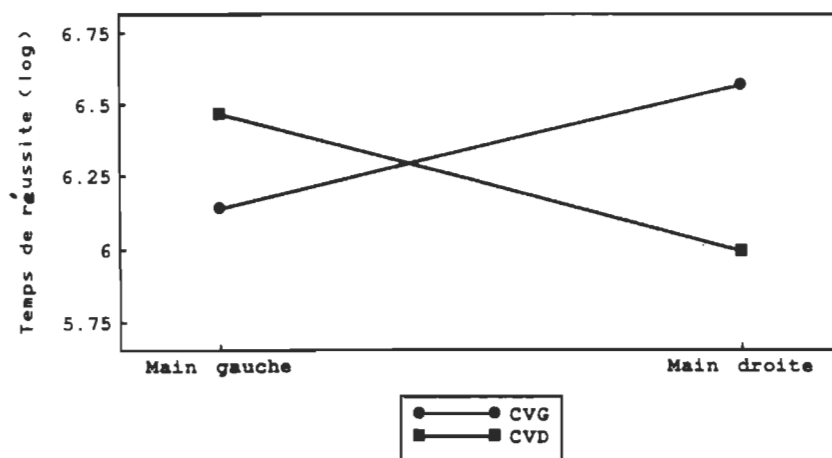


Fig. 20 - Cible d'orientation: temps de réussite, différence selon le champ visuel et la main.

Une interaction significative est observée entre l'orientation de la cible et le champ visuel utilisé: ($F_{(3,18)} = 5.58$, $p = .007$, figure 21). Ainsi, le temps de réussite est en général plus court pour la plupart des orientations pour le champ visuel droit, sans égard à la main utilisée.

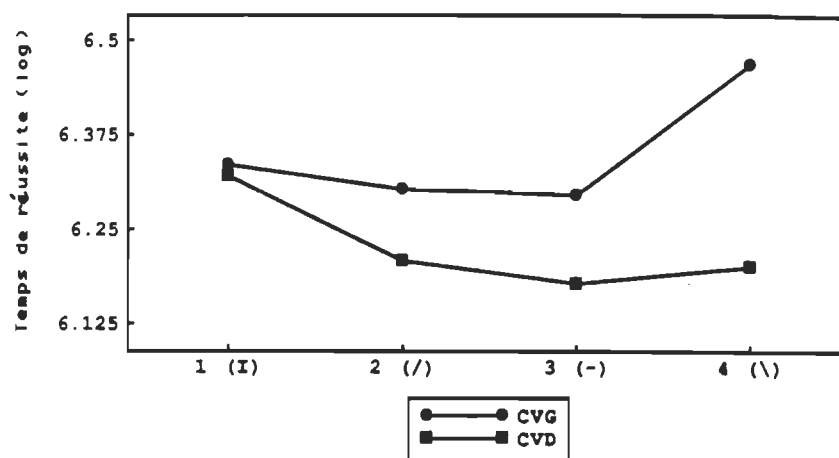


Fig. 21 - Cible d'orientation: temps de réussite, variation selon le champ visuel et l'orientation de la cible.

Résultats à la cible de Kuypers

A. Analyse descriptive

1. Essais rejetés

Les essais rejetés à la cible de Kuypers sont comptabilisés selon les mêmes critères que pour la cible d'orientation. Le détail des essais rejetés pour chaque sujet et pour chaque condition champ x main x orientation est fourni par le tableau 24 en appendice C. Les deux groupes sont comparés quant au nombre d'essais rejetés au moyen du test de Wilcoxon pour échantillons pairs comme le présente le tableau 25.

Tableau 25
Essais rejetés à la cible de Kuypers

	Exp.	Témoins	Diff.	Rang	Val.-	Val.+
CG MG	4	0	4	8.5		+ 8.5
	2	5	- 3	6	- 6	
	2	0	2	4		+ 4
	1	0	1	2		+ 2
CG MD	10	1	9	12		+ 12
	4	3	1	2		+ 2
	4	0	4	8.5		+ 8.5
	0	0	0			
CD MG	20	0	20	14		+ 14
	0	3	- 3	6	- 6	
	10	0	10	13		+ 13
	1	1	0			
CD MD	8	0	8	11		+ 11
	1	8	- 7	10	- 10	
	3	0	3	6		+ 6
	1	2	- 1	2	- 2	

Ce test montre une tendance chez les sujets expérimentaux à avoir plus d'essais rejetés principalement à

cause de la difficulté à conserver l'attitude visuelle demandée pour la tâche ($N = 14$, $T = 81$, $p < .05$).

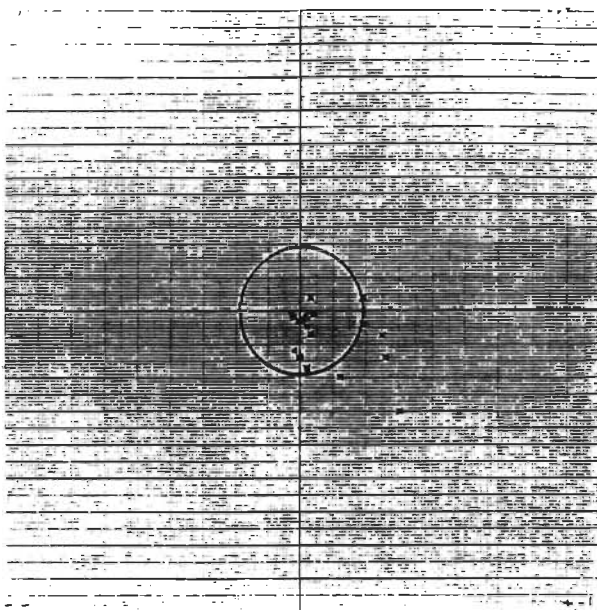
2. Précision à la cible de Kuypers

La précision de la pince au contact est ici traitée comme s'il s'agissait d'un pointage. Pour chaque sujet et pour chaque condition champ x main, sans tenir compte de l'orientation de la gouttière, le point milieu de l'axe pouce-index a été reporté sur une grille millimétrée d'après les dimensions réelles de la cible.

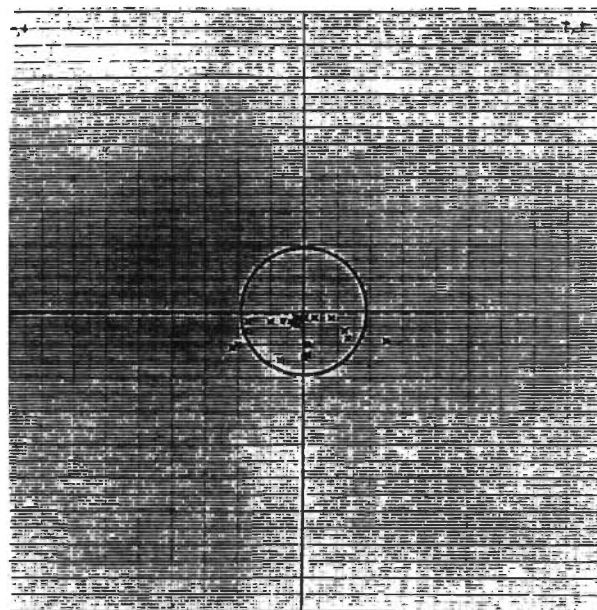
Pour chaque sujet, quatre conditions sont présentées: a) pour le champ gauche et la main gauche, b) pour le champ gauche et la main droite, c) pour le champ droit et la main gauche et d) pour le champ droit et la main droite.

Sur les tableaux individuels, une circonférence est ajoutée. Elle représente la moyenne des erreurs effectuées par le groupe témoin à la cible de Kuypers sur l'ensemble des essais retenus. Cette moyenne de 1,8875 cm constitue le rayon du cercle qui apparaît sur les tableaux millimétrés. Ce procédé permet d'avoir un aperçu de la dispersion des erreurs commises par le sujet pour les quatre conditions champ-main et d'apprécier sa performance par rapport à la moyenne générale des erreurs du groupe témoin. La dispersion des pointages de la

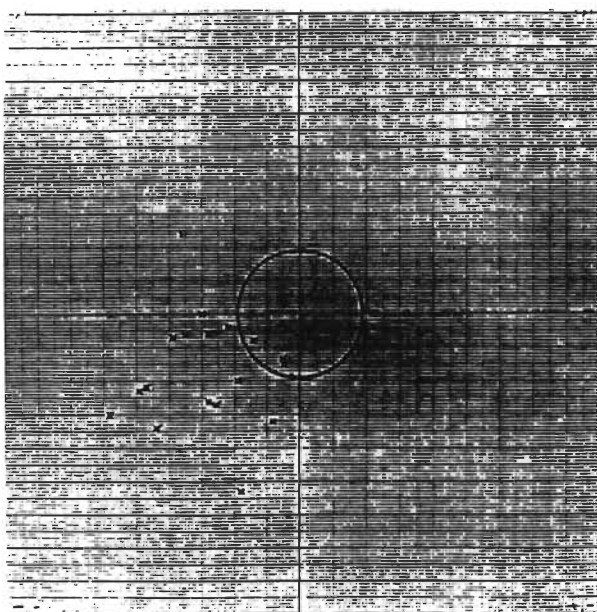
pince semblent varier davantage chez les sujets expérimentaux. Cette information quant au pointage de la pince demeure descriptive, elle sera traitée plus loin de façon quantitative. Suivent maintenant les figures 22 à 29 illustrant la précision de la pince interprétée à la manière d'un pointage.



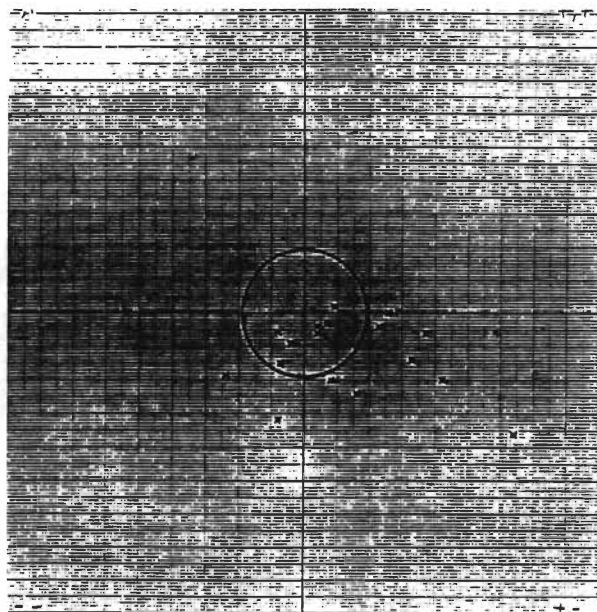
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

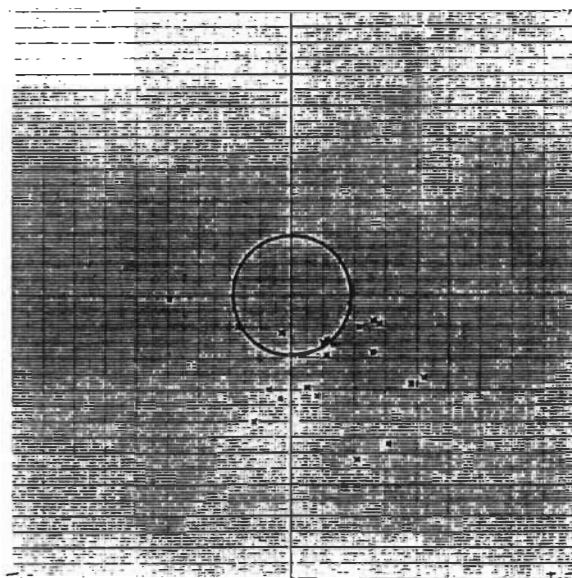


b) champ gauche, main droite

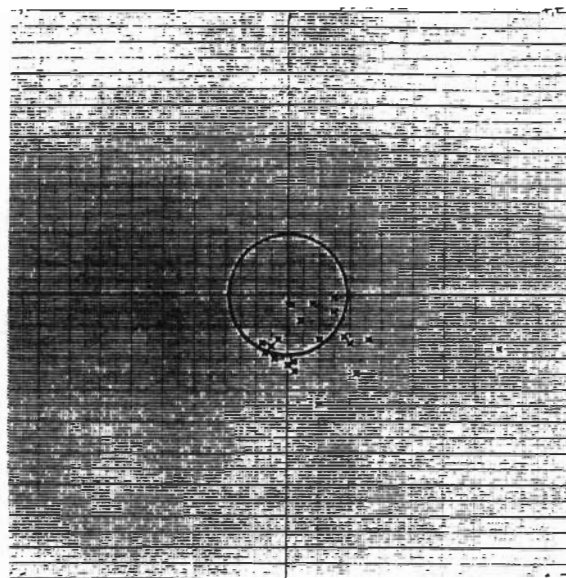


d) champ droit, main gauche

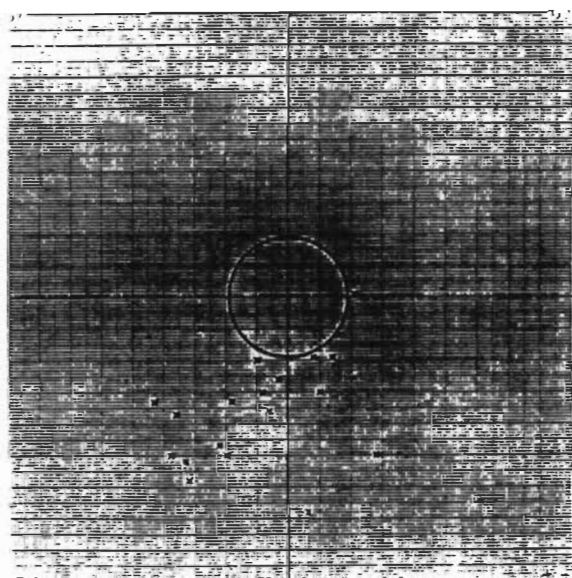
Fig. 22- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet M.P. callosotomisé avec épargne du splénium: conditions directes (a, c), conditions croisées (b, d).



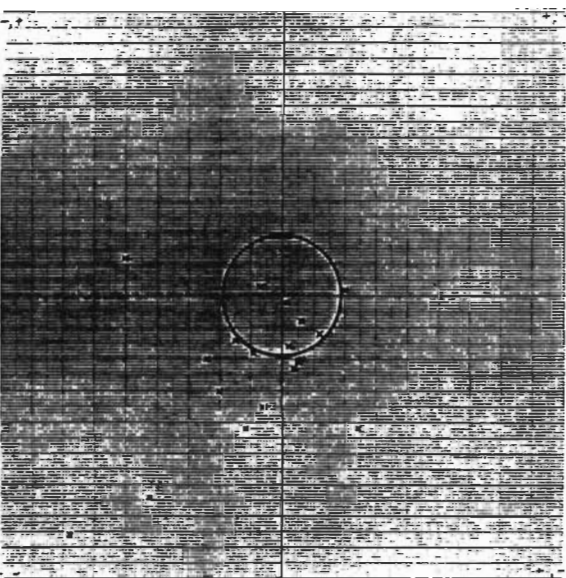
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

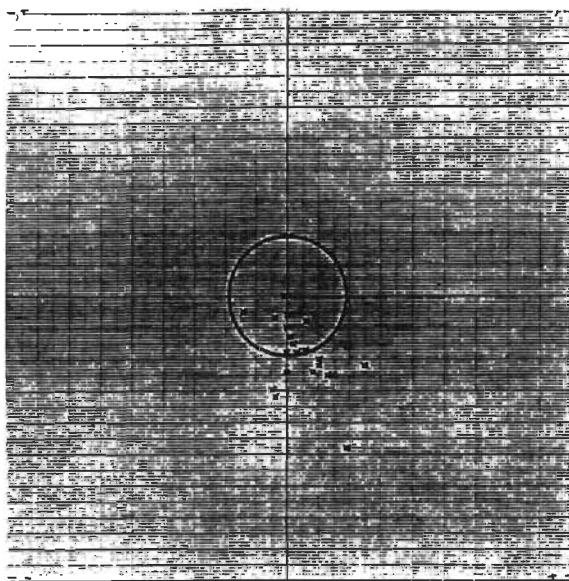


b) champ gauche, main droite

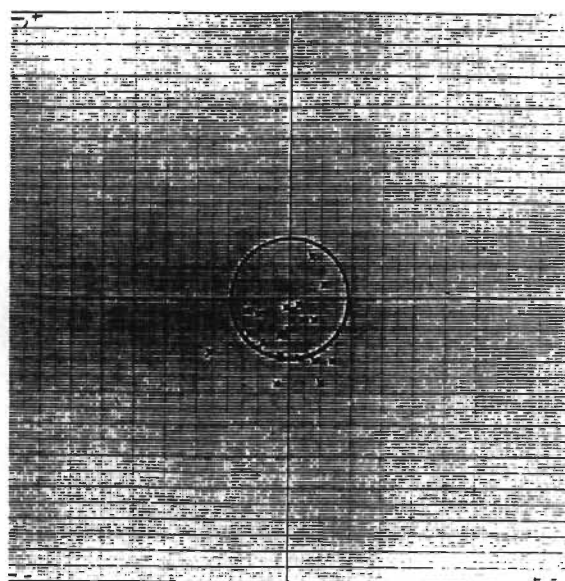


d) champ droit, main gauche

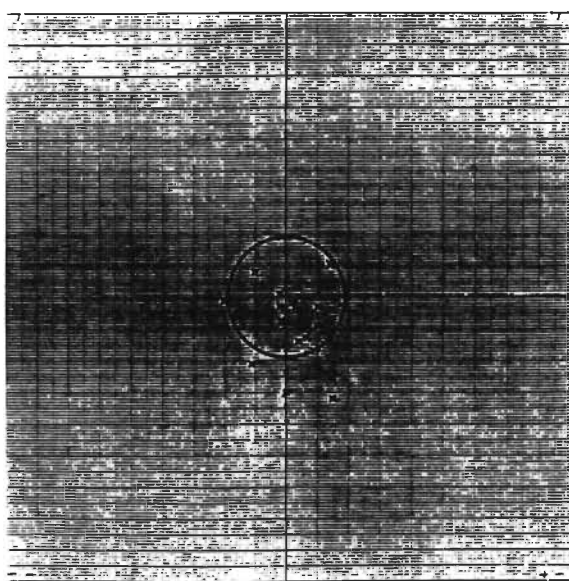
Fig. 23- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet S.D. avec callosotomie totale.



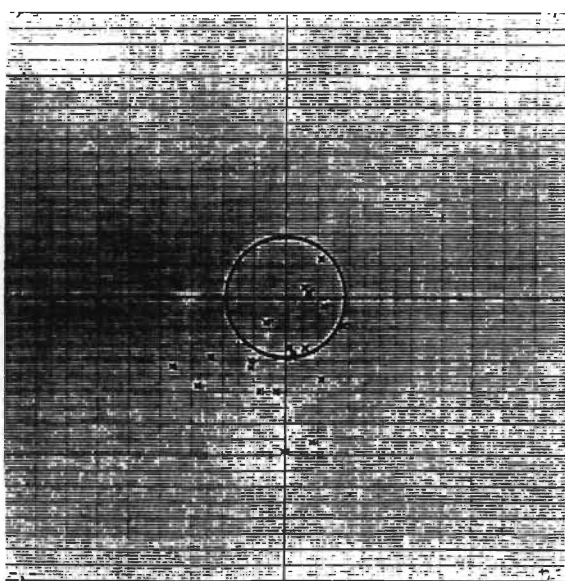
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

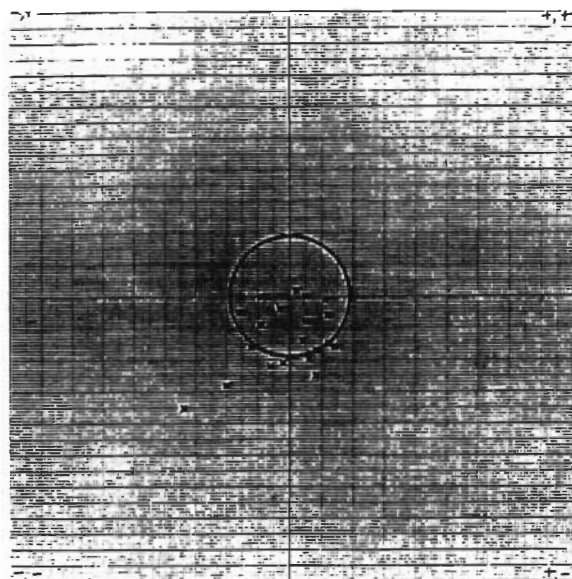


b) champ gauche, main droite

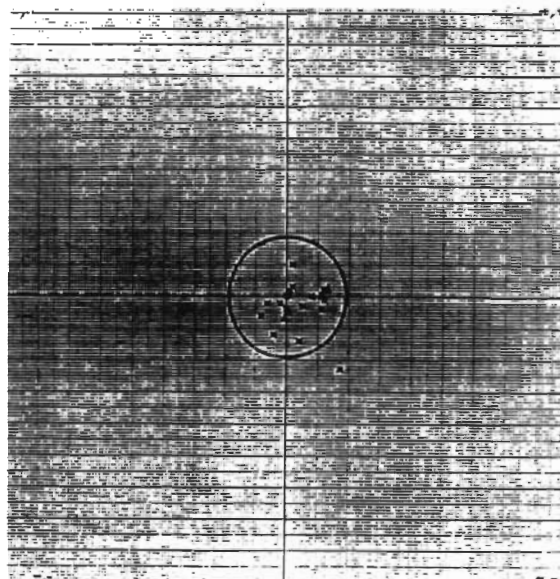


d) champ droit, main gauche

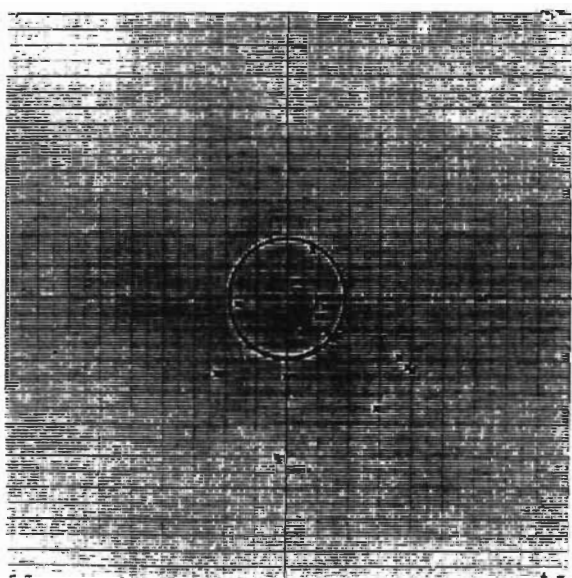
Fig. 24- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet agénésique L.G.



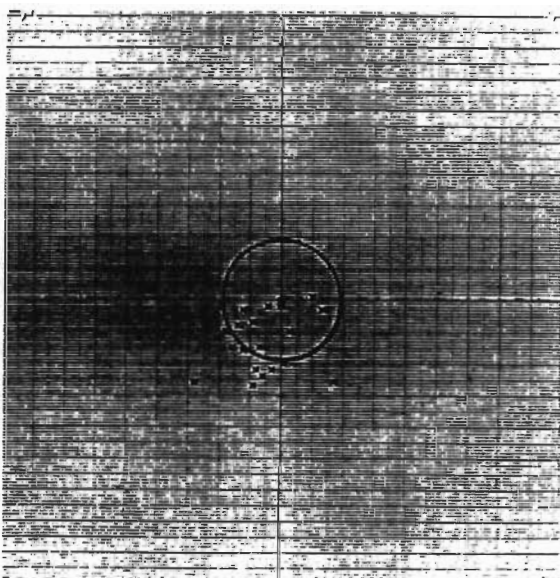
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

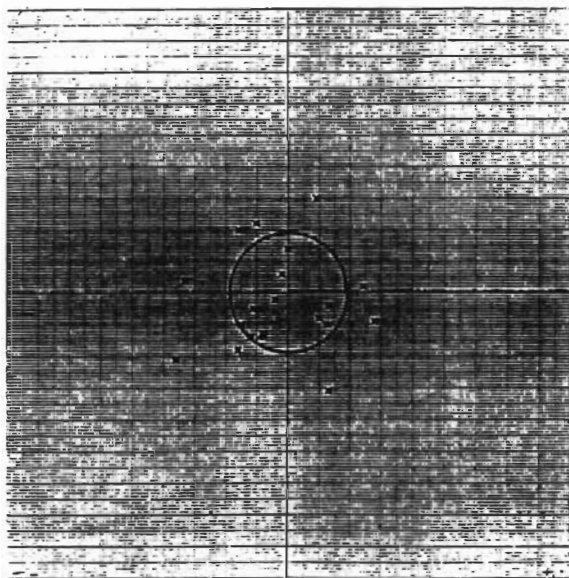


b) champ gauche, main droite

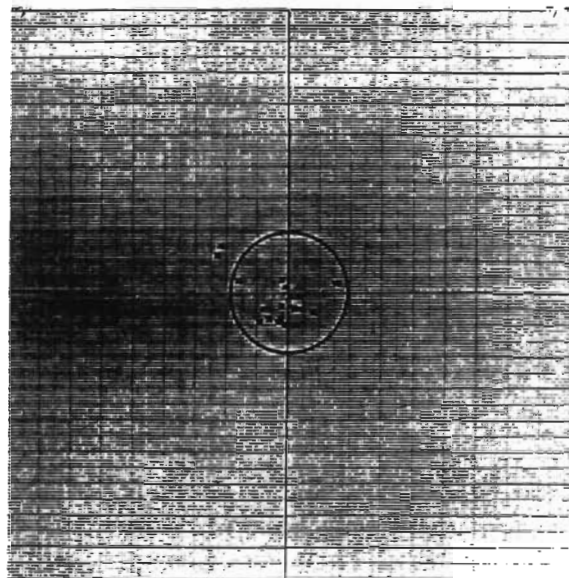


d) champ droit, main gauche

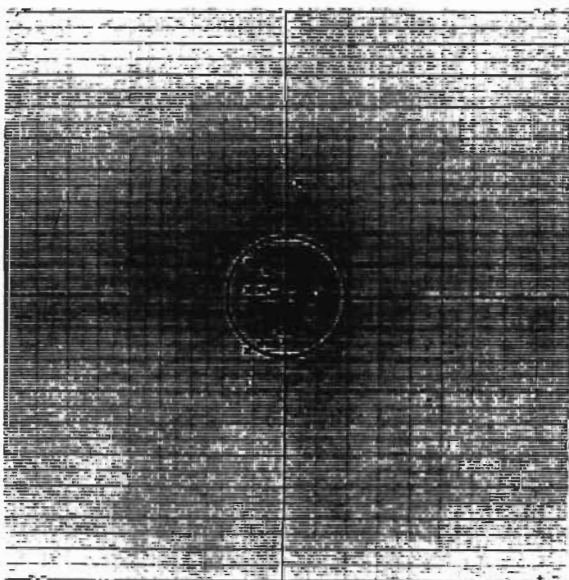
Fig. 25- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet agénésique M.G.



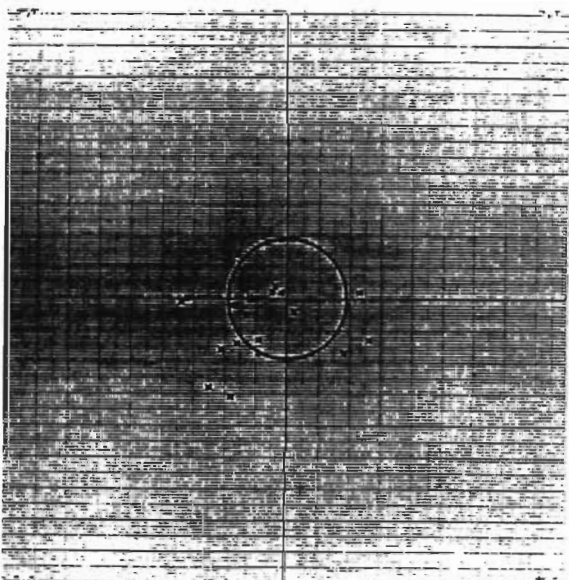
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

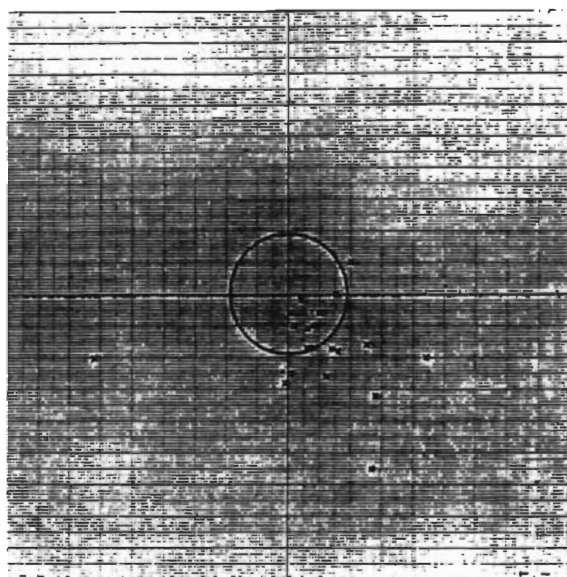


b) champ gauche, main droite

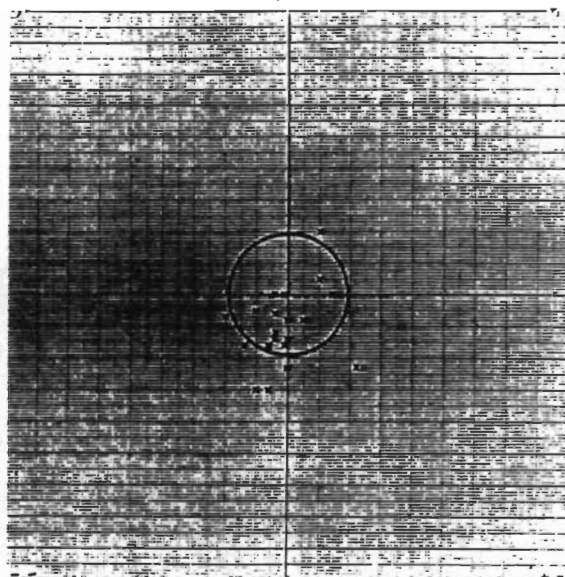


d) champ droit, main gauche

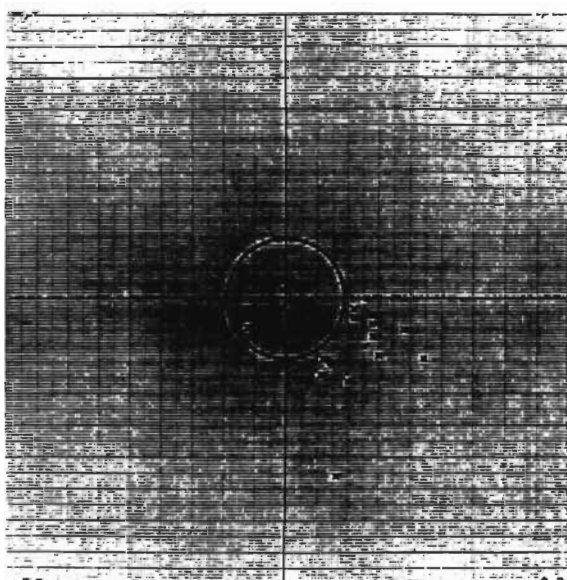
Fig. 26- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet pairé à M.P.



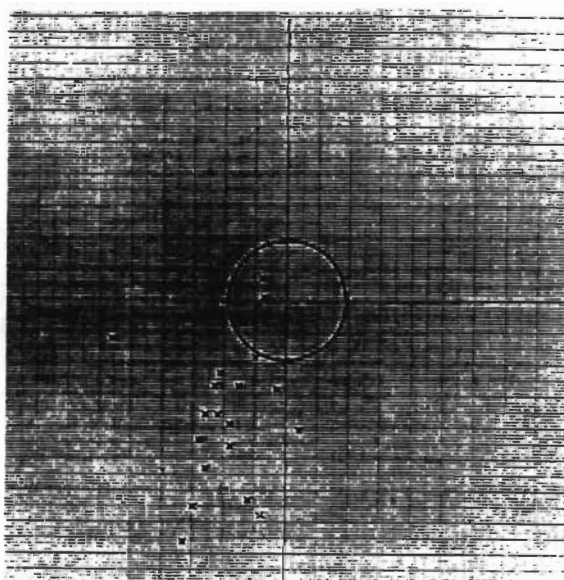
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

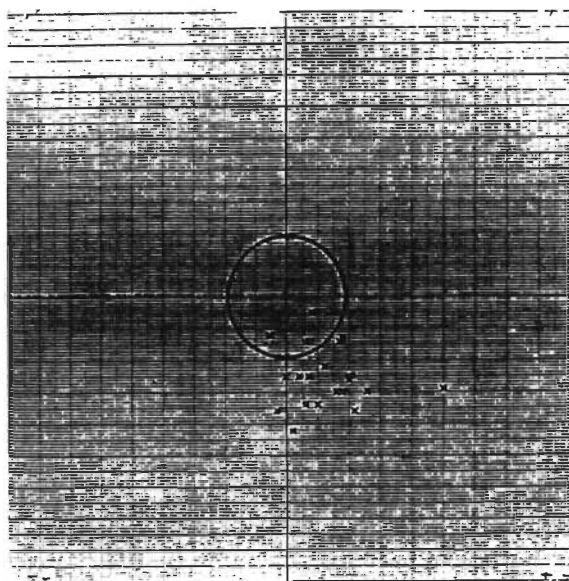


b) champ gauche, main droite

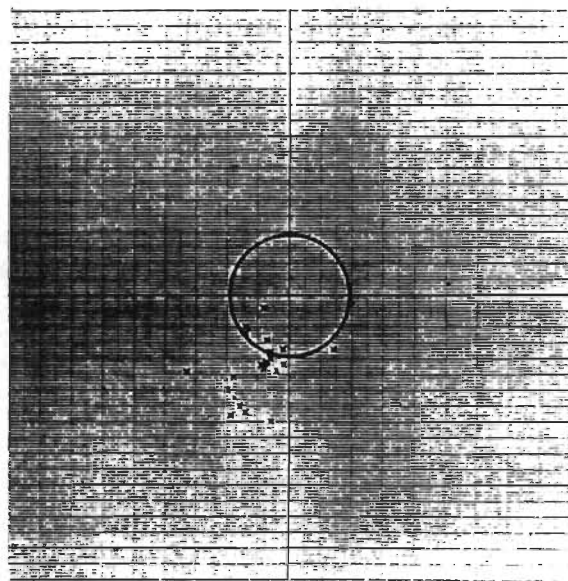


d) champ droit, main gauche

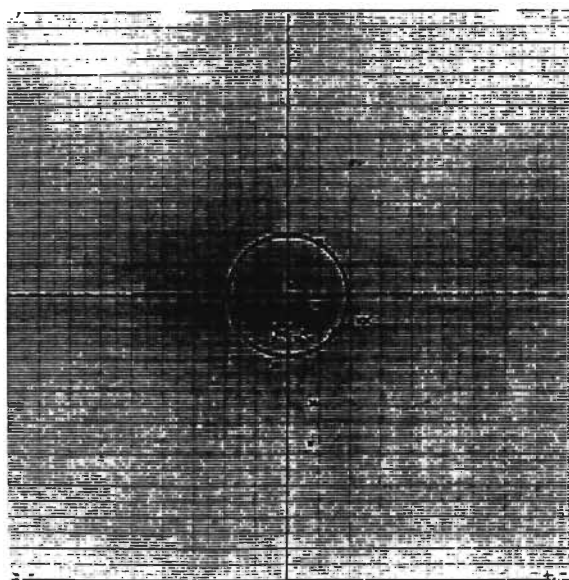
Fig. 27- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet pairé à S.D.



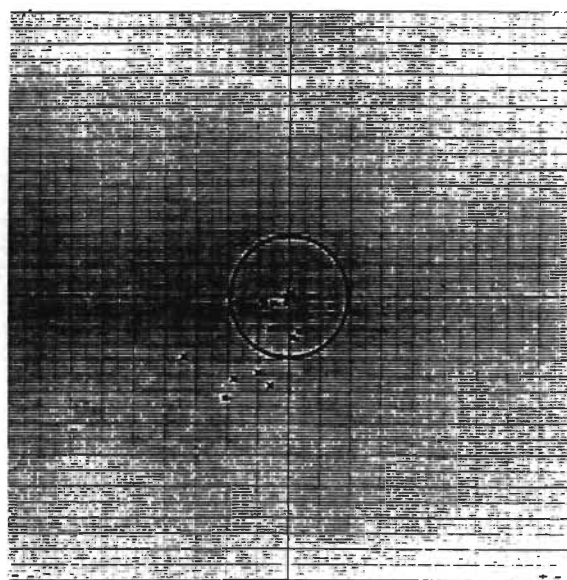
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite

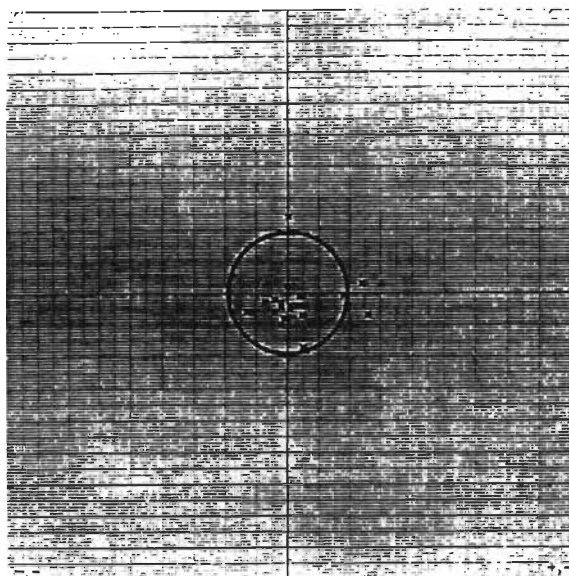


b) champ gauche, main droite

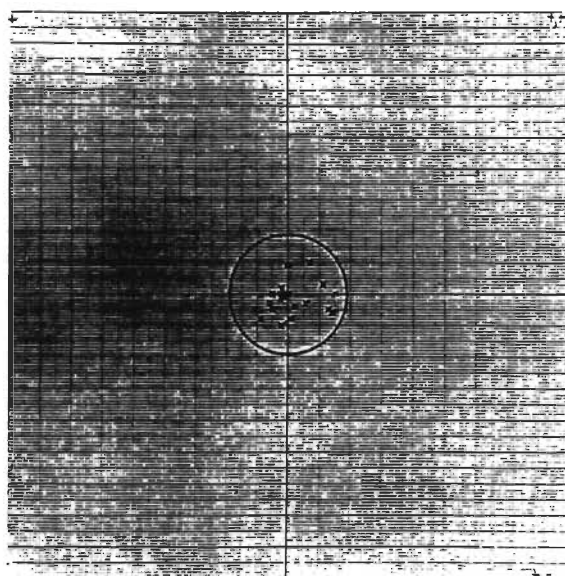


d) champ droit, main gauche

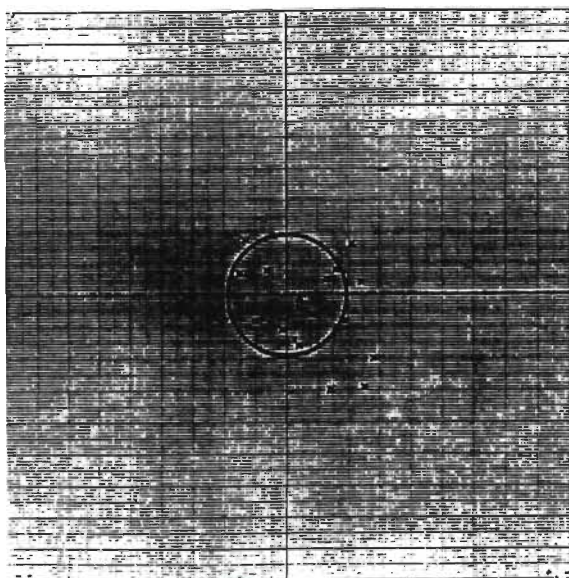
Fig. 28- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet pairé à L.G.



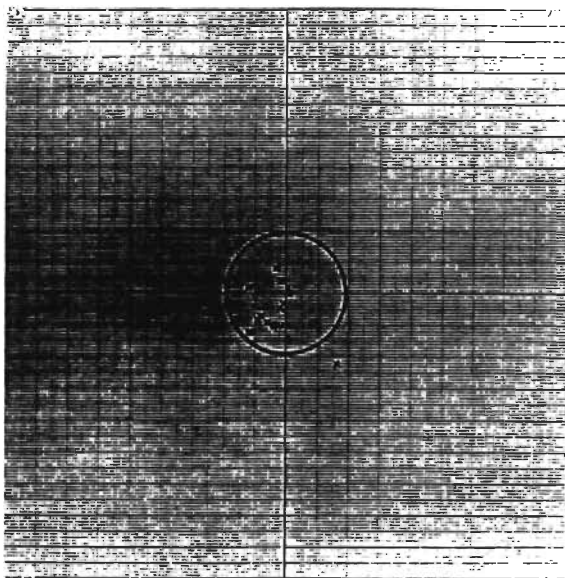
a) champ gauche, main gauche



c) champ droit, main droite



b) champ gauche, main droite



d) champ droit, main gauche

Fig. 29- Précision du pointage à la cible de Kuypers. Par le sujet pairé à M.G.

B. Analyse quantitative

L'analyse quantitative sera effectuée selon la même procédure que pour la cible d'orientation. Pour la tâche de prehension, les erreurs spatiales et les erreurs angulaires de la pince sont analysées.

1. Erreurs spatiales à la cible de Kuypers

Les erreurs spatiales sont considérées pour leur valeur absolue. Il s'agit de la différence entre le point milieu de la pince au moment du contact et le centre de la cible. La localisation en hypométrie ou en hypermétrie a été rapportée ci-haut sous l'item de la précision à la cible et n'entre pas dans cette analyse. Les moyennes individuelles pour les erreurs spatiales à cette cible pour toutes les conditions et présentations sont exposées en appendice C (tableau 26).

Le tableau 27 présente les moyennes d'erreurs spatiales pour chaque groupe et pour les quatre conditions du champ visuel et de la main utilisée.

Tableau 27

Moyennes des erreurs spatiales en centimètres
à la cible de Kuypers

	Champ gauche		Champ droit		Moyenne du
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite	groupe
Groupe					
expérimental	2.11	2.90	2.42	1.40	2.2075
Groupe					
témoin	2.08	1.82	2.21	1.45	1.9800

Le tableau 28 rapporte le sommaire de l'analyse de variance des erreurs spatiales pour la tâche de préhension. Il ne révèle pas de différence significative entre les deux groupes pour l'ensemble des essais.

Tableau 28

Sommaire de l'analyse de variance
des erreurs spatiales à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	3.163	3.163	.405	.5482	
Error	6	46.902	7.817			
B	1	4.068	4.068	3.576	.1075	
AB	1	1.791	1.791	1.574	.2563	
Error	6	6.827	1.138			1.00
C	1	3.119	3.119	1.885	.2189	
AC	1	1.205	1.205	.728	.4262	
Error	6	9.929	1.655			1.00
BC	1	10.788	10.788	3.007	.1336	
ABC	1	3.472	3.472	.968	.3632	
Error	6	21.524	3.587			1.00
D	3	1.521	.507	1.022	.4060	
AD	3	.593	.198	.398	.7558	
Error	18	8.926	.496			.64
BD	3	1.015	.338	1.015	.4089	
ABD	3	3.105	1.035	3.107	.0524	
Error	18	5.995	.333			.68
CD	3	.141	.047	.184	.9056	
ACD	3	1.924	.641	2.522	.0904	
Error	18	4.578	.254			.76
BCD	3	2.838	.946	3.732	.0302	
ABCD	3	1.101	.367	1.447	.2621	
Error	18	4.562	.253			.64

L'analyse de variance révèle une tendance pour tous les sujets à faire plus d'erreurs dans le champ visuel gauche que dans le droit ($F_{(1,6)} = 3.58$, $p = .1075$). En effet, les sujets font une erreur moyenne de 2.2230 cm dans le champ gauche, alors qu'ils en font une de 1.8664 cm dans le champ droit.

L'interaction groupe x champ x orientation tend à être significative ($F_{(3,18)} = 3.11, p = .0524$). Cette interaction montre que pour les acalleux le champ gauche est en général plus mauvais que le champ droit en termes d'erreurs spatiales (figure 30).

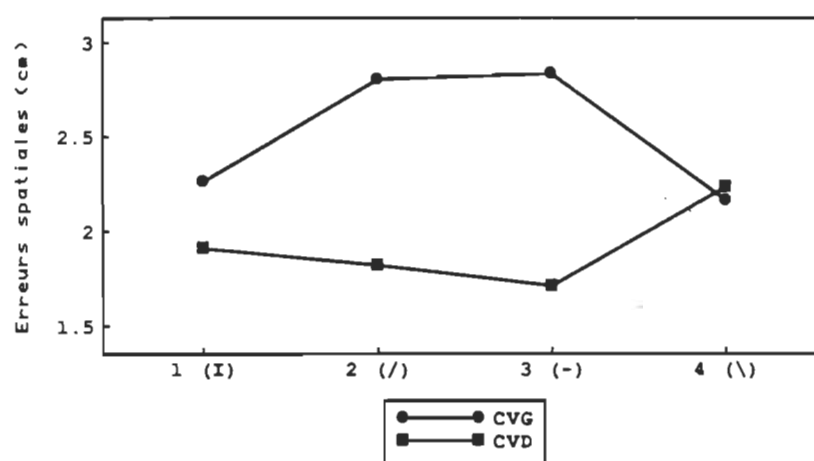


Fig. 30 - Kuypers: erreurs spatiales liées au groupe au champ visuel et à l'orientation de la cible, A- Performance des acalleux.

Cependant les sujets témoins ont sensiblement la même performance à gauche et à droite (fig. 31).

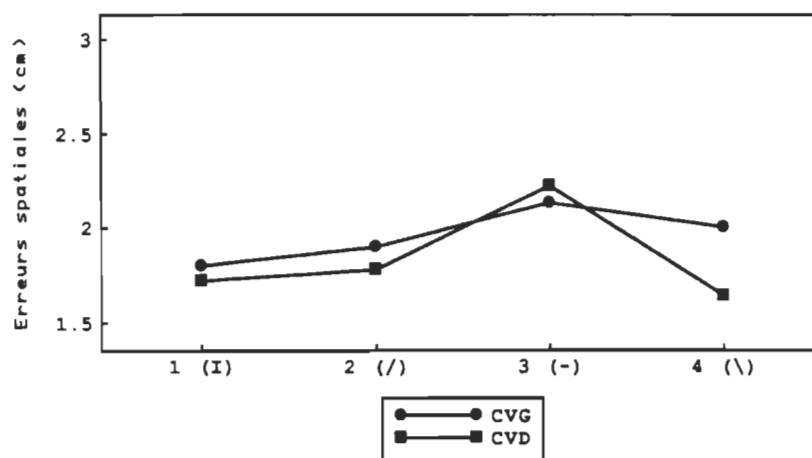


Fig. 31 - Kuypers: erreurs spatiales liées au groupe au champ visuel et à l'orientation de la cible, B- Performance des témoins.

L'analyse de variance montre que les groupes expérimental et témoin tendent à être significativement différents quant à la performance de la main selon l'orientation de la gouttière ($F_{(3,16)} = 2.53, p = .0904$). Ainsi, il apparaît que la performance de la main gauche et celle de la main droite sont fort semblables pour les sujets acalculés (figure 32).

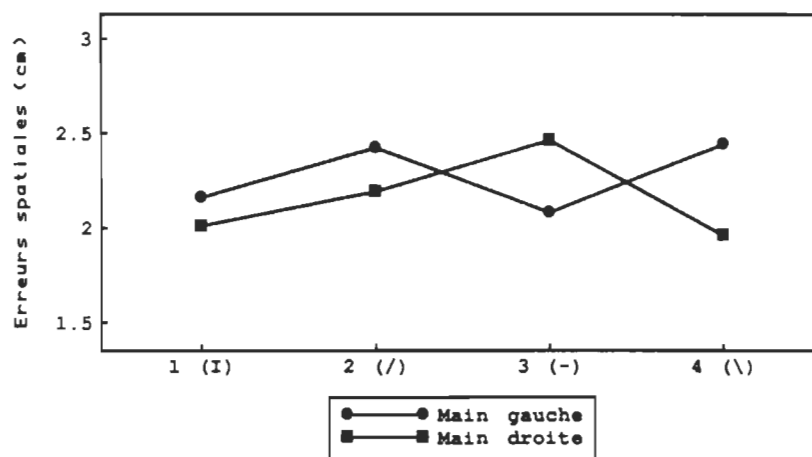


Fig. 32 - Kuypers: erreurs spatiales liées au groupe, à la main et à l'orientation de la cible. A - Performance des acalleux.

Par contre, les sujets témoins font beaucoup moins d'erreurs spatiales avec la main droite qu'avec la main gauche pour toute orientation et peu importe le champ (figure 33).

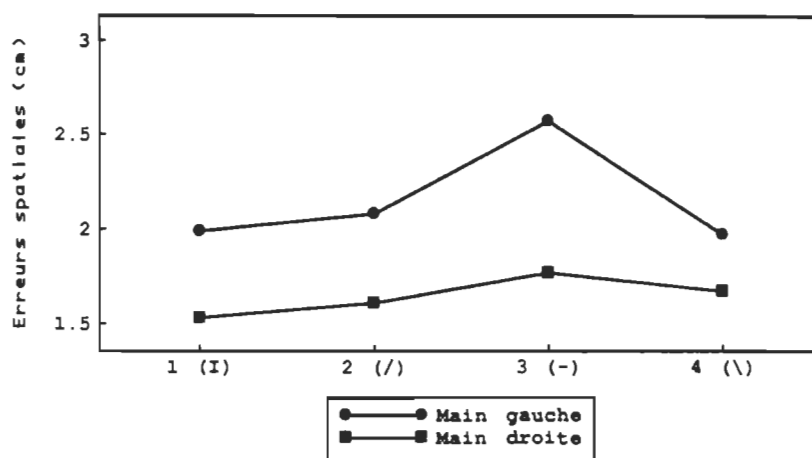


Fig. 33 - Kuypers: erreurs spatiales liées au groupe, à la main et à l'orientation de la cible. B - Performance des témoins.

Enfin, il y a une interaction significative liée au champ, à la main et à l'orientation ($F_{(3,18)} = 3.74$, $p = .0302$). La main gauche est moins précise au pointage que la main droite pour toute orientation dans le champ droit (figure 34).

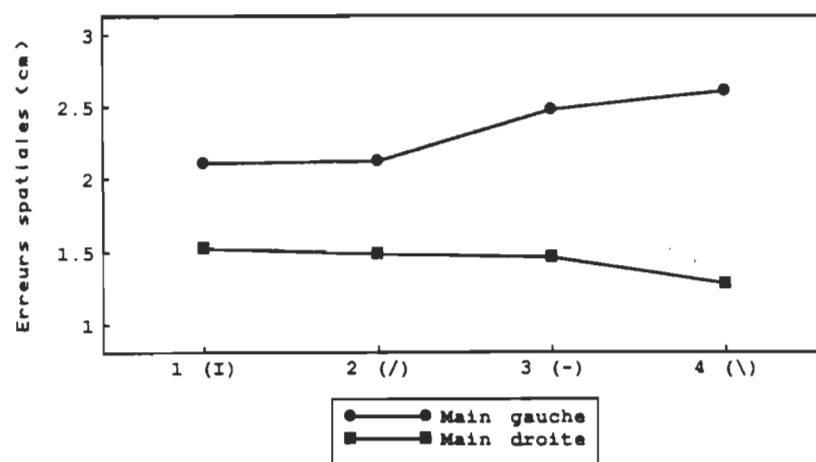


Fig. 34 - Kuypers: erreurs spatiales reliées au champ à la main et à l'orientation. A - Performance au champ droit.

La main gauche est plus ou moins équivalente à la main droite pour certaines orientations dans le champ gauche (figure 35).

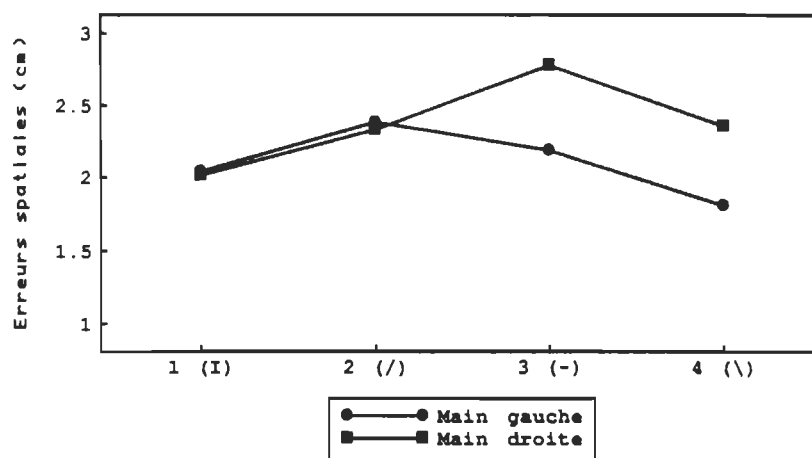


Fig. 35 - Kuypers: erreurs spatiales reliées au champ à la main et à l'orientation. B - Performance au champ gauche.

2. Erreurs angulaires à la cible de Kuypers

L'orientation de la pince à l'arrivée sur la cible de Kuypers est comparée à l'orientation de la gouttière qui contient la cheville. L'erreur d'angulation est déterminé par le plus petit écart d'angle entre l'axe de la pince et l'axe de la gouttière. Les moyennes individuelles d'erreurs d'angulation pour tous nos sujets expérimentaux et témoins sont présentées au tableau 29 en appendice C. Le tableau 30 présente le sommaire du traitement statistique fait à propos des erreurs d'angle pour la tâche de préhension.

Tableau 30

Sommaire de l'analyse de variance
des erreurs d'angle à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	2431.659	2431.659	1.438	.2756	
Error	6	10144.311	1690.719			
B	1	128.200	128.200	2.098	.1976	
AB	1	21.533	21.533	.352	.5744	
Error	6	366.587	61.098			1.00
C	1	7.752	7.752	.031	.8660	
AC	1	128.200	128.200	.513	.5008	
Error	6	1500.061	250.010			1.00
BC	1	160.429	160.429	.261	.6274	
ABC	1	86.297	86.297	.141	.7206	
Error	6	3682.382	613.730			1.00
D	3	6161.371	2053.790	7.795	.0015	
AD	3	193.944	64.648	.245	.8635	
Error	18	4742.372	263.465			.77
BD	3	1839.041	613.014	3.089	.0533	
ABD	3	204.400	68.133	.343	.7943	
Error	18	3572.476	198.471			.39
CD	3	1002.616	334.205	.926	.4482	
ACD	3	1019.411	339.804	.942	.4411	
Error	18	6494.667	360.815			.53
BCD	3	855.270	285.090	1.045	.3968	
ABCD	3	423.609	141.203	.517	.6756	
Error	18	4912.601	272.922			.67

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

Il n'y a pas d'effet de groupe rencontré dans l'analyse des erreurs d'angle. Tout au plus, un effet simple de l'orientation de la cible pour l'ensemble de la performance des sujets est observé ($F_{(3,18)} = 7.8$, $p = .0015$). La déviation est plus grande pour l'horizontale (voir tableau 31).

Tableau 31

Degrés d'erreur selon l'orientation de la cible de Kuypers

D1	verticale	26.2219
D2	oblique à droite	31.3469
D3	horizontale	45.1281
D4	oblique à gauche	32.9000

Les sujets font une erreur d'angle plus ou moins importante selon le champ visuel utilisé et l'orientation de la cible ($F_{(3,18)} = 3.09$, $p = .0533$; figure 36).

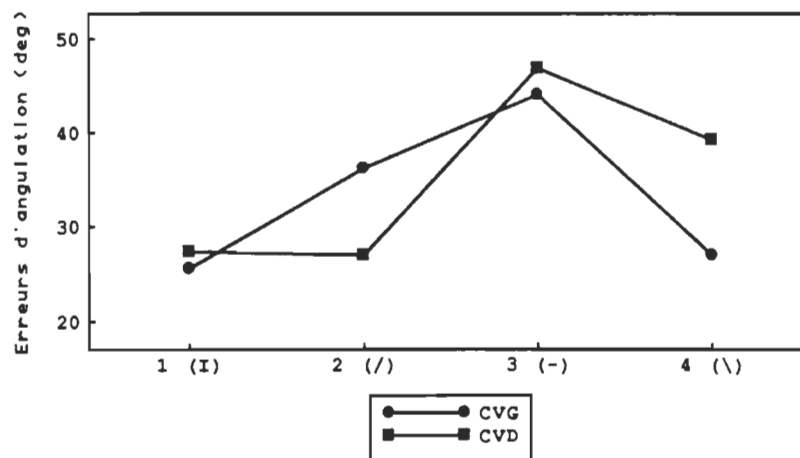


Fig. 36 - Kuypers: erreurs d'angle, différence reliée au champ visuel et à l'orientation de la cible.

3. Ecart de la pince au contact

La pince a été étudiée quant à l'écart entre le pouce et l'index au moment où le sujet atteint la cible. L'ouverture de la pince est exprimée en centimètres, elle a été compilée au moyen d'une tablette graphique et l'analyse statistique portera sur la variation selon les facteurs habituels, soit le groupe, le champ, la main et l'orientation. Les moyennes individuelles pour toutes les conditions sont compilées en appendice C (tableau 32).

Le tableau 33 décrit l'ensemble de l'analyse de variance effectuée sur les moyennes des écarts observés entre le pouce et l'index au moment du contact à la cible de Kuypers.

Tableau 33

Sommaire de l'analyse de variance
de l'écart de la pince à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	3.409	3.409	.411	.5453	
Error	6	49.819	8.303			
B	1	.840	.840	1.455	.2731	
AB	1	.640	.640	1.108	.3330	
Error	6	3.465	.577			1.00
— C	1	4.058	4.058	6.127	.0481	
AC	1	2.706	2.706	4.085	.0897	
Error	6	3.974	.662			1.00
BC	1	8.899	8.899	4.138	.0882	
ABC	1	6.467	6.467	3.007	.1336	
Error	6	12.904	2.151			1.00
D	3	4.214	1.405	2.885	.0643	
AD	3	.432	.144	.296	.8279	
Error	18	8.765	.487			.63
BD	3	2.352	.784	1.999	.1503	
ABD	3	1.279	.426	1.087	.3799	
Error	18	7.061	.392			.63
CD	3	1.579	.526	1.142	.3589	
ACD	3	.921	.307	.666	.5837	
Error	18	8.297	.461			.66
BCD	3	.905	.302	.756	.5334	
ABCD	3	.514	.171	.429	.7346	
Error	18	7.185	.399			.57

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (R) la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

L'analyse montre un effet simple lié à la main utilisée pour l'écart de la pince ($F_{(1,6)} = 6.13$, $p = .0481$). En général, la main gauche présente une ouverture de la pince de 3.4433 cm plus grande que la main droite (3.0872 cm).

Les deux groupes tendent à présenter une ouverture différente de la pince selon la main utilisée ($F_{(1,6)} = 4.09$, $p = .0897$). Les sujets expérimentaux ont sensiblement le même écart de pince pour la main gauche et la main droite; alors que les sujets témoins ont un écart plus grand pour la main gauche que pour la droite (figure 37).

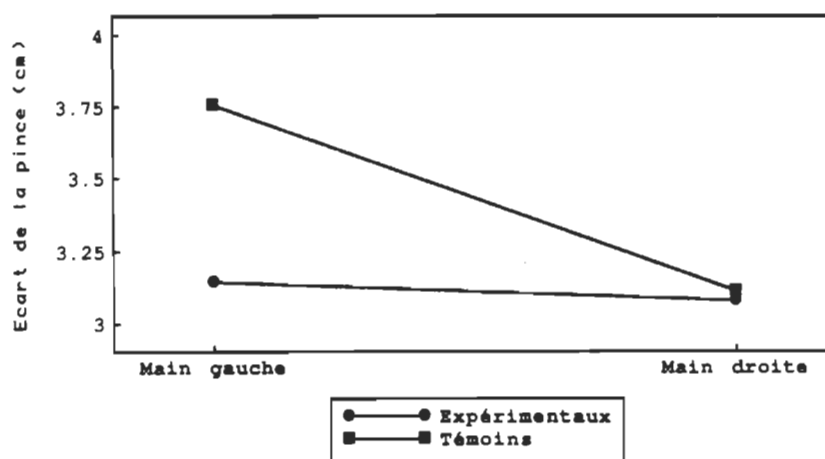


Fig. 37 - Kuypers: écart de la pince, différence entre les groupes selon la main utilisée.

La performance de la main droite tend à être significativement différente de la main gauche selon le champ visuel utilisé ($F_{(1,6)} = 4.14$, $p = .0882$). La main droite est

en effet meilleure dans le champ droit alors que la main gauche est meilleure à gauche (figure 38).

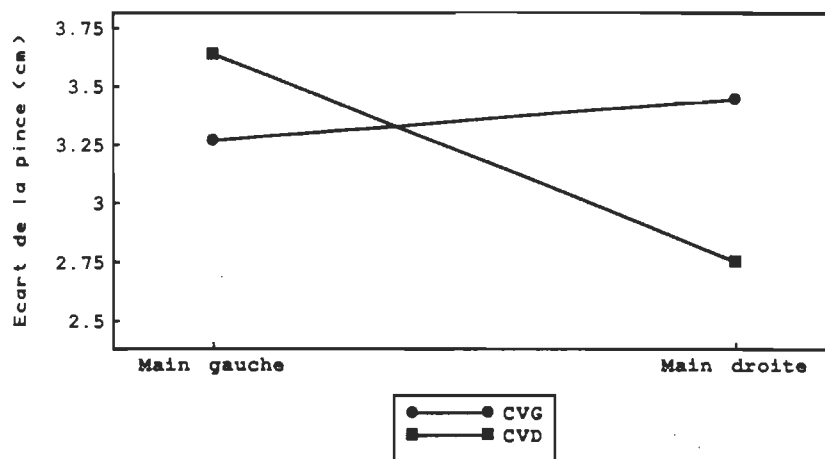


Fig. 38 - Kuypers: écart de la pince, différence reliée au champ visuel et à la main.

Enfin, l'analyse révèle que l'orientation de la cible tend fortement à influencer l'écart de la pince ($F_{(2,10)} = 2.89$, $p = .0643$, tableau 34).

Tableau 34

Ecart de la pince selon l'orientation à la cible de Kuypers
en centimètres

D1	verticale	3.5125
D2	oblique à droite	3,2700
D3	horizontale	3.0000
D4	oblique à gauche	3.2784

La pince est à son maximum pour une présentation verticale de la gouttière contenant l'objet à saisir; elle est moindre pour les obliques qui s'équivalent par ailleurs et elle est la plus fermée pour l'horizontale.

4. Temps de transport à la cible de Kuypers

Les moyennes individuelles de tous les sujets pour leur temps réel de transport sont compilées dans le tableau 35, en appendice C. Elles sont exprimées en centièmes de seconde. Le tableau 36 présente les moyennes de groupe pour les quatre conditions champ x main.

Tableau 36

Moyennes des temps réels de transport à la cible de Kuypers
en centièmes de seconde

	Champ gauche		Champ droit		Moyenne du
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite	groupe
Groupe					
expérimental	43.82	59.50	72.25	54.07	57.41
Groupe					
témoin	44.44	54.82	57.82	48.14	51.31

Le calcul des temps de transport à la cible de Kuypers a suivi la même procédure que pour la cible d'orientation. Pour faire l'analyse statistique, un facteur de correction de 20 centièmes de secondes a été soustrait aux temps réels moyens; puis le logarithme naturel de ces moyennes ajustées a été calculé. Ces valeurs de temps transformées sont présentées en appendice C, pour chaque sujet et chaque condition du champ et de la main (tableau 37). Le traitement des données sera fait par analyse de variance à mesures répétées. Le tableau 38 fait état de l'analyse des temps de transport à la cible de Kuypers.

Tableau 38

Sommaire des temps de transport
à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	1.001	1.001	.303	.6021	
Error	6	19.845	3.308			
B	1	1.167	1.167	4.123	.0886	
AB	1	.449	.449	1.586	.2546	
Error	6	1.698	.283			1.00
C	1	.008	.008	.076	.7920	
AC	1	.007	.007	.065	.8079	
Error	6	.642	.107			1.00
BC	1	5.088	5.088	40.283	.0007	
ABC	1	.361	.361	2.860	.1418	
Error	6	.758	.126			1.00
D	3	.104	.035	2.142	.1305	
AD	3	.027	.009	.548	.6558	
Error	18	.291	.016			.56
BD	3	.072	.024	2.573	.0861	
ABD	3	.035	.012	1.239	.3247	
Error	18	.167	.009			.77
CD	3	.027	.009	.619	.6115	
ACD	3	.006	.002	.133	.9391	
Error	18	.265	.015			.63
BCD	3	.120	.040	1.485	.2523	
ABCD	3	.108	.036	1.332	.2952	
Error	18	.486	.027			.71

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimule (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

Dans l'ensemble, les sujets ont tendance à être plus lents dans le champ droit que dans le gauche ($F_{(1,6)} = 4.13$, $p = .0886$, tableau 39).

Tableau 39

Logarithmes du temps de transport à la cible Kuypers
pour l'ensemble des sujets selon le champ visuel utilisé

B 1	champ gauche	5.5836
B 2	champ droit	5.7745

L'interaction du champ et de la main est très significative ($F_{(1,4)} = 40.29$, $p = .0007$, figure 39). La main gauche est plus rapide dans le champ gauche et la main droite est plus rapide dans le champ droit, comme rencontré précédemment.

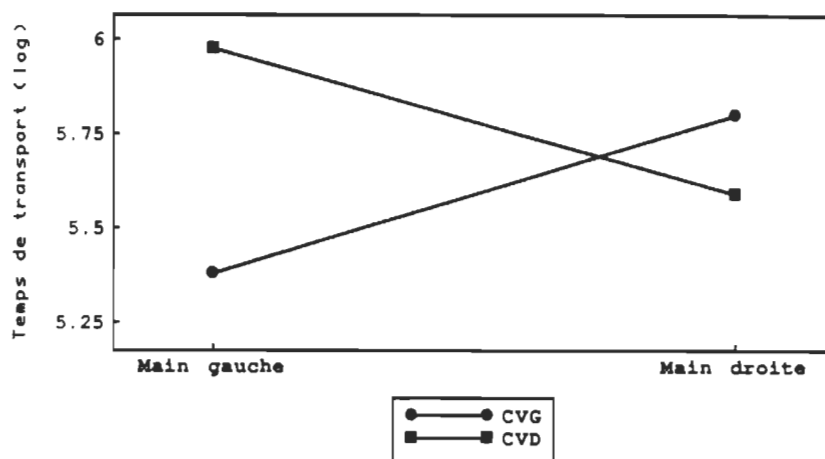


Fig. 39 - Kuypers: temps de transport, différence
reliée au champ visuel et à la main utilisée.

L'analyse révèle une tendance générale à ce que les temps de transport diffèrent selon l'orientation de la cible et le champ visuel utilisé ($F(3,12) = 2.58, p = .0861$, fig. 40). Dans le champ droit, le même temps est requis quelle que soit l'orientation de la gouttière, alors que dans le champ gauche le transport est plus rapide pour certaines orientations.

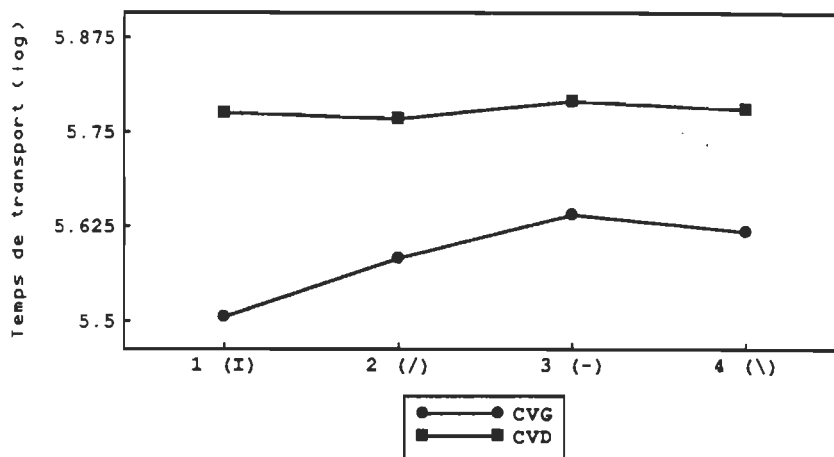


Fig. 40: Kuypers: temps de transport, tendance à différer selon la main et l'orientation de la cible.

5. Temps de retrait partiel

Le temps de retrait partiel constitue le moment où le chronomètre relié à la cheville est interrompu par le sujet; toutefois le dégagement n'est que partiellement complété comme en témoigne l'image vidéo. Le chapitre de méthodologie situe bien le sujet. Le tableau 40 présente en appendice C les

moyennes individuelles de temps de retrait partiel pour chaque condition champ x main x orientation. Le tableau 41 contient les moyennes de temps réel pris par chaque groupe pour les quatre conditions expérimentales du champ visuel de présentation et de la main utilisée.

Tableau 41

Cible de Kuypers: Moyennes des temps réels de retrait partiel en centièmes de seconde

	Champ gauche		Champ droit		Moyenne du groupe
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite	
Groupe					
expérimental	188.00	318.63	286.63	185.94	244.80
Groupe					
témoin	154.82	154.63	185.50	144.38	159.84

Les transformations suivantes sont effectuées sur les temps réels: d'abord on soustrait un facteur de correction de 63 centièmes de seconde, inférieur au temps le plus court rencontré dans l'ensemble des sujets, puis ces temps ajustés élevés à leur logarithme naturel (voir le tableau 42 en appendice C). Les données sont ainsi normalisées et l'analyse de variance est effectuée sur ces valeurs (tableau 43).

Tableau 43

Sommaire de l'analyse de variance des temps de retrait partiel
à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	16.209	16.209	3.040	.1319	
Error	6	31.995	5.332			
B	1	.217	.217	.416	.5427	
AB	1	.008	.008	.015	.9075	
Error	6	3.129	.521			1.00
C	1	.269	.269	2.055	.2017	
AC	1	.215	.215	1.644	.2471	
Error	6	.786	.131			1.00
BC	1	4.786	4.786	10.754	.0168	
ABC	1	.609	.609	1.369	.2864	
Error	6	2.670	.445			1.00
D	3	.227	.076	1.097	.3759	
AD	3	.622	.207	3.006	.0575	
Error	18	1.242	.069			.89
BD	3	.213	.071	1.158	.3530	
ABD	3	.063	.021	.340	.7964	
Error	18	1.102	.061			.55
CD	3	.317	.106	.803	.5081	
ACD	3	.142	.047	.360	.7825	
Error	18	2.370	.132			.71
BCD	3	.038	.013	.123	.9454	
ABCD	3	.348	.116	1.122	.3664	
Error	18	1.859	.103			.69

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

Une interaction significative est rencontrée quant au champ visuel stimulé et à la main utilisée ($F_{(1, 6)} = 10.76$, $p = .0168$). La main gauche est plus rapide à gauche, tandis que la main droite est plus rapide à droite (figure 41).

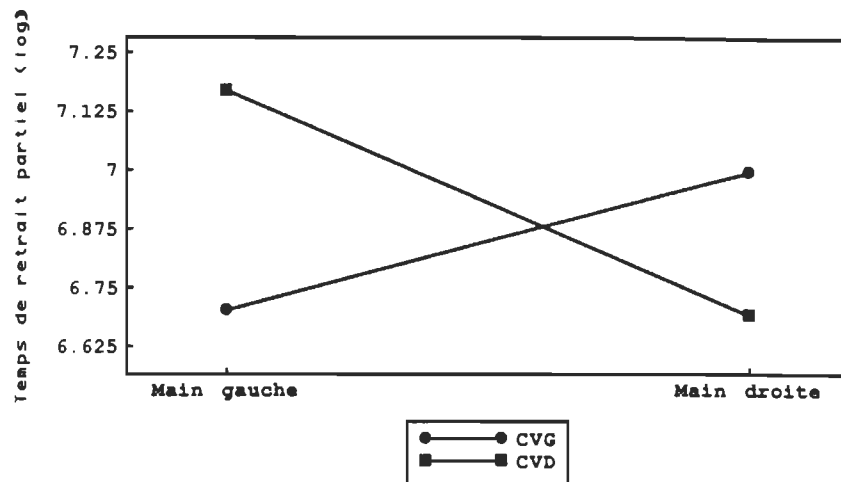


Fig. 41 - Kuypers: temps de retrait partiel, différence selon le champ visuel et la main.

La différence entre les groupes tend à être significative selon l'orientation de la cible ($F_{(3,18)} = 3.01$, $p = .0575$). Ainsi, pour certaines orientations (| et —), les sujets acalleux sont plus lents alors que les témoins sont plus lents pour d'autres orientations (/ et —), (figure 42).

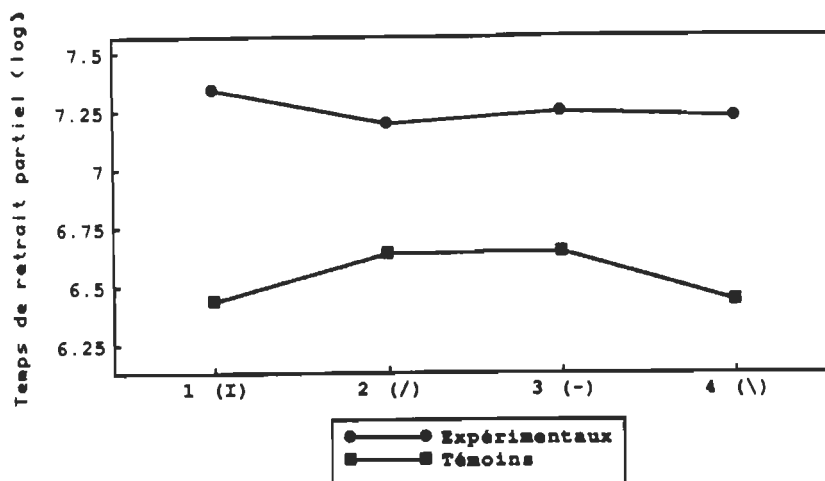


Fig. 42 - Kuypers: temps de retrait partiel, différence entre les groupes selon l'orientation de la cible.

6. Temps de retrait complet à la cible de Kuypers

Le retrait complet comporte une période de temps égale ou plus longue que le retrait partiel. Il s'agit du moment où l'image vidéo montrait que la cheville était retirée de la gouttière. Les résultats individuels moyens pour toutes les conditions sont rapportées en appendice C (tableau 44). Les moyennes de groupe pour le retrait complet selon le champ et la main sont présentées dans le tableau 45.

Tableau 45

Cible de Kuypers: Moyennes des temps réels de retrait complet
en centièmes de seconde

	Champ gauche		Champ droit		Moyenne du groupe
	M. gauche	M. droite	M. gauche	M. droite	
Groupe					
expérimental	201.00	327.13	299.32	199.13	256.65
Groupe					
témoin	185.13	166.42	198.75	165.57	178.97

Les temps de retrait complet sont transformés suivant le même cheminement que précédemment et avec le même facteur de correction de 63 centièmes de seconde. Les données corrigées et puis portées à leur logarithme naturel sont exposées en appendice C (tableau 46).

Le tableau 47 présente les résultats de l'analyse statistique des temps de retrait complet. Aucune interaction n'est significative dans cette analyse.

Tableau 47

Sommaire de l'analyse de variance des temps de retrait complet
à la cible de Kuypers

Source de variation	df	Somme des carrés	Moyenne carrée	F	p	Correction epsilon
A	1	78.830	78.830	2.291	.1809	
Error	6	206.435	34.406			
B	1	33.079	33.079	1.105	.3336	
AB	1	28.303	28.303	.946	.3684	
Error	6	179.588	29.931			1.00
C	1	29.847	29.847	.916	.3754	
AC	1	40.376	40.376	1.240	.3082	
Error	6	195.435	32.572			1.00
BC	1	56.804	56.804	1.913	.2159	
ABC	1	42.862	42.862	1.443	.2749	
Error	6	178.199	29.700			1.00
D	3	109.387	36.462	1.042	.3978	
AD	3	99.873	33.291	.952	.4367	
Error	18	629.679	34.982			.33
BD	3	97.876	32.625	.908	.4569	
ABD	3	104.911	34.970	.973	.4272	
Error	18	647.023	35.946			.33
CD	3	124.272	41.424	1.170	.3486	
ACD	3	101.048	33.683	.952	.4367	
Error	18	637.122	35.396			.33
BCD	3	104.889	34.963	.960	.4328	
ABCD	3	119.714	39.905	1.096	.3763	
Error	18	655.340	36.408			.33

Variables analysées: le groupe (A), le champ visuel stimulé (B), la main utilisée (C) et l'orientation de la cible (D).

Chapitre IV

Interprétation des résultats et discussion

Dans l'ensemble, les résultats de la présente recherche confirment l'existence d'ataxie optique chez les sujets agénésiques du corps calleux et chez les sujets callosotomisés.

De façon générale, les résultats démontrent que sur l'ensemble des sujets la coordination visuo-motrice est meilleure quand elle est contrôlée par un seul hémisphère; le champ visuel droit et la main droite étant dirigés par l'hémisphère gauche et le champ visuel gauche et la main gauche étant dirigés par l'hémisphère droit. Cette compatibilité anatomique du stimulus et de la réponse est encore plus marquée chez les acalleux éprouvant de grandes difficultés en situation croisée, c'est-à-dire quand les deux hémisphères doivent échanger des informations visuelles ou motrices pour effectuer la tâche. Les résultats de cette recherche sont également interprétés en termes de prédominance de l'hémisphère gauche dans la programmation du guidage visuel de la main puisqu'il apparaît que la participation de l'hémisphère gauche améliore la performance des sujets. Enfin, le sujet callosotomisé avec épargne du splénium présente une ataxie optique comparable aux autres acalleux; cette observation suggère que le transfert de l'information visuelle lors d'une tâche de précision distale

ne s'effectue pas à ce niveau du corps calleux.

Le problème d'ataxie optique est mis en évidence principalement dans la tâche d'orientation de la main, notamment par le grand nombre d'essais rejetés, par les erreurs de façonnement de la main et par l'erreur angulaire à l'arrivée sur la cible. L'étude faite à partir du disque de Kuypers ne révèle que des tendances, mais des similitudes sont observées entre les deux expériences. En fait, certaines difficultés expérimentales empêchent de mettre en évidence de façon non équivoque le déficit de la pince rapporté par d'autres recherches. Ces difficultés expérimentales seront décrites ci-après.

Difficultés expérimentales

Difficulté à conserver une fixation centrale du regard

Les deux situations expérimentales restreignaient l'apport visuel à la périphérie. Ne pouvant utiliser la fovéation vers la cible visuelle à atteindre, les sujets acalleux démontrent une importante difficulté à maintenir le regard en fixation centrale pendant que la main travaille en périphérie, ce qui entraîne un grand nombre d'essais rejetés au disque d'orientation et au disque de préhension. Les callosotomisés, particulièrement en condition croisée, semblent

éprouver des difficultés importantes de fixation du regard et de programmation du geste. Pour ces derniers sujets, l'expérimentateur a dû indiquer les consignes à chaque essai et les soutenir verbalement devant une difficulté à terminer la tâche; un plus grand nombre d'échecs seraient apparus sans cette stratégie.

Les agénésiques ont éprouvé moins de difficulté à travailler en vision périphérique (il n'a pas été nécessaire de les soutenir verbalement pendant la tâche) bien qu'ils aient présenté parfois de la difficulté à conserver la fixation centrale du regard. Ils se servent apparemment des informations tactiles de la main en action pour corriger l'imprécision après le contact. Cette observation est en accord avec celle de Balint (1909; voir De Renzi, 1982) remarquant que son patient compensait son imprécision visuo-motrice par des indices somatosensoriels et non pas par des indices visuels.

Il semble que l'information tactile provenant de la main en action ne peut pas suppléer chez les callosotomisés au déficit visuel éprouvé en situation croisée. Le phénomène de compensation pour l'imprécision visuo-motrice s'exprime en effet différemment chez les sujets agénésiques et les sujets callosotomisés. Lassonde (1986) a émis l'hypothèse que, chez les agénésiques, l'hémisphère ipsilatéral à la main utilisée

exerce un contrôle direct pour compenser l'absence de l'influx calleux provenant de l'hémisphère controlatéral, ce dernier étant habituellement responsable de la motricité fine.

Pour permettre un meilleur ancrage du regard sur le point de fixation, une technique différente de contrôle de la fixation aurait été préférable; par exemple, un chronomètre digital dont le sujet aurait lu les chiffres à haute voix tout au long du mouvement jusqu'à l'achèvement de la tâche.

Autres difficultés expérimentales

Il est fort probable que la posture d'attente favorise la performance au disque d'orientation, la main demeurant à plat comme pour la posture finale demandée. Par contre, au disque de Kuypers, la même posture d'attente nuit au contraste permettant de préciser le moment du départ. A ce propos, le comportement de la main en attente diffère entre le groupe expérimental et le groupe témoin. Les sujets agnésiques conservent une légère flexion de la main et effectuent apparemment une préparation distale prolongée avant de quitter la plaque de départ; de manière différente, les sujets témoins conservent une position moins équivoque et démontrent moins d'hésitation avant le mouvement. A ce sujet, Jeannerod et Biguer (1982) ont remarqué l'influence de la position de départ sur la réponse motrice des sujets normaux; si la main est en

position de semi-pronation (les doigts fléchis et détendus) avant le départ, des mouvements distaux ont lieu bien avant que se fasse le geste d'atteinte; si la main repose en pronation (le poing fermé et à plat) le premier mouvement viendra du bras tout entier et sera brusque. Cependant, malgré une préparation distale différente pour ces deux situations de départ, l'ajustement de la posture de la main aura lieu avant l'arrivée à l'objet et sera proportionnelle aux dimensions de cet objet.

Il serait intéressant de modifier la posture d'attente des sujets au disque de Kuypers pour obtenir un meilleur contraste pendant la trajectoire; ceux-ci garderaient la main fermée en pronation complète sur la plaque de départ et seraient déjà incités physiquement à n'utiliser que le pouce et l'index en gardant les autres doigts repliés. De cette manière, il serait plus aisé de constater à quel moment apparaît l'ouverture maximale puis l'ajustement progressif aux dimensions de l'objet, s'il y a lieu, pour faire une étude cinématique à la manière de Jeannerod (1986a ,1986b) et de Jeeves et Silver (1988).

Certaines améliorations devraient être apportées pour une meilleure calibration du montage tenant compte de la variation de la taille entre les sujets. Par exemple, le plan

de travail devrait avoir moins de profondeur pour permettre au sujet de petite taille d'étendre aisément son bras vers la cible.

Le dessin de la cible de Kuypers suscite des difficultés de manipulation. Le sujet callosotomisé M.P. est gêné dans sa performance parce que le sillon de la gouttière est trop étroit relativement à la taille de ses doigts. La gouttière pourrait être élargie de 0,5 cm pour plus d'aisance. De plus, il serait commode d'éliminer les gouttières aveugles qui constituent un important bruit visuel et tactile pour le sujet. La cheville à saisir devrait être enfoncée plus profondément comme un bouchon pour empêcher que le sujet la dégage avec l'index seulement, évitant ainsi de se servir de la pince.

Pour certaines conditions, les plans de caméra choisis ne permettent pas de faire une lecture satisfaisante de la disposition des doigts à la cible; la main masquant fréquemment le comportement des doigts utilisés dans la pince, si bien que l'expérimentateur a déduit la position des doigts dans de telles circonstances. Pour améliorer l'étude vidéo, il faudrait ajouter une caméra perpendiculaire à la cible de façon à capter le comportement des doigts, la prise de vue étant controlatérale à la main pour capter correctement la pince.

La consigne donnée au sujet d'utiliser uniquement la pince formée par le pouce et l'index devrait être plus sévère pour permettre une mesure plus juste de son anticipation et de son efficacité. Les sujets utilisent souvent le majeur ou même l'annulaire en pince avec le pouce pour dégager la cheville: cela s'est produit très fréquemment chez les sujets expérimentaux et curieusement aussi chez un sujet témoin (R.B.). Ce comportement laisse tout de même supposer un manque de contrôle sur l'index chez les acalleux.

Discussion des résultats au disque d'orientation

Malgré le fait que de nombreux essais présentant probablement un problème visuo-moteur aient été rejetés, l'étude des essais valides révèle l'imprécision chez les acalleux. Le peu de réussites directes obtenus à la cible d'orientation indique que les acalleux doivent effectuer une correction à la cible pour compléter la tâche, non pas tant à cause d'erreurs spatiales mais davantage à cause d'erreurs de façonnement et d'orientation de la main.

Dans cette recherche, l'erreur spatiale est traitée comme une erreur de pointage et calculée en valeur absolue. Les graphiques illustrant l'ensemble des réponses de chaque sujet pour chaque condition champ-main montrent que la dispersion des

réponses exprimées en pointage est relativement faible et ne révèle pas de tendance précise vers l'hypo ou l'hypermétrie. L'analyse quantitative indique que dans l'ensemble de leurs réponses, les acalleux ont tendance à faire plus d'erreurs spatiales et surtout dans le champ visuel gauche en relation avec le changement d'orientation de la fente qui semble avoir un effet sur la précision; ce fait suggère que l'hémisphère droit est moins compétent dans la discrimination visuelle. Pour leur part les sujets témoins démontrent une précision spatiale équivalente dans les deux champs.

Les erreurs spatiales sont de faible amplitude en raison de la procédure expérimentale permettant aux sujets l'apprentissage de la localisation de la cible puisqu'elle était toujours placée au même endroit pour une condition donnée du champ visuel stimulé et de la main utilisée; Perenin et Vighetto (1988), avec le même montage expérimental, ont observé des erreurs spatiales de faible amplitude et toujours de type corrigé chez leurs patients avec lésion pariétale postérieure. Ce montage minimise donc les erreurs proximales propres à l'ataxie optique constatées lors de tâches de pointage vers des cibles variant de position dans l'espace et/ou aux dimensions plus réduites.

Par contre, le montage oblige les sujets à opérer une

discrimination visuelle a cause des changements d'orientation et a anticiper l'ajustement final de la main et des doigts. ce qui permet l'analyse de la composante distale. On constate à ce sujet que les acalleux commettent plus d'erreurs de façonnement de la main que leurs témoins, ce qui influence la réussite de la tâche en dépit d'une assez bonne précision du pointage.

L'imprécision angulaire au disque d'orientation est très révélatrice d'un problème d'ataxie optique chez le groupe acalleux. En effet, le groupe témoin présente sensiblement la même précision angulaire quels que soient la main et le champ utilisés, alors que le groupe acalleux commet des erreurs angulaires importantes dans toutes les conditions sauf quand il utilise la main droite dans le champ droit, alors sa performance est comparable aux témoins. De fait, les sujets acalleux commettent une erreur angulaire générale deux fois supérieure au groupe témoin. Cette importante erreur angulaire provient d'un manque d'anticipation ou d'une mauvaise interprétation du mouvement à faire; il arrive parfois que certains acalleux n'orientent pas la main selon la position du stimulus, se contentant d'étendre le bras pour atteindre la cible.

Les temps de transport ne semblent pas affectés par

la déconnexion; ces résultats diffèrent des patients avec lésions pariétales qui montrent des temps de transport de deux à trois fois supérieurs pour la main controlatérale à la lésion (Perenin et Vighetto, 1988). Ces résultats sont cependant en accord avec l'observation de Jeeves et Silver (1988) à l'effet que le geste d'atteinte peut être sous contrôle exclusif des voies proximales non-croisées chez les normaux tout comme chez les agénésiques.

Il est intéressant de noter que les temps de réussite révèlent davantage le déficit que les temps de transport. En effet, les acalleux prennent autant de temps à terminer la tâche à droite comme à gauche alors que les témoins sont plus rapides dans le champ droit. L'explication possible serait que les temps de réussite contiennent à la fois les temps de transport et de correction; les acalleux prennent plus de temps à corriger leurs erreurs d'orientation qui sont importantes et doivent explorer plus longuement la cible se servant peu de la réafférence visuelle.

Discussion des résultats au disque de Kuypers

Plusieurs problèmes techniques rencontrés en cours d'expérimentation rendent plus restreinte l'analyse des résultats au disque de Kuypers. Ce montage expérimental est habituellement très révélateur de l'incoordination visuo-

motrice distale causée par une déconnexion chez les singes (Haaxma et Kuypers, 1974) et chez les humains (Tzavaras et Mazure, 1976). Néanmoins l'ouverture de la pince au moment du contact indique certaines tendances distinctives entre les groupes expérimental et contrôle.

Si on ne tient pas compte de la performance du sujet témoin (F.C.) commettant plus d'essais non valides que le sujet acalleux (S.D.) auquel il est pairé, les expérimentaux commettent un plus grand nombre d'essais non valides que leurs témoins pour la tâche d'atteinte avec préhension. La consigne de ne pas utiliser la fovéation à la cible de Kuypers est en effet la même qu'à la cible d'orientation et les acalleux éprouvent globalement de la difficulté à travailler en décentration.

Dans cette recherche, la précision spatiale de la pince au moment du contact correspond au point milieu entre le pouce et l'index. Les acalleux sont davantage influencés par les diverses orientations de la gouttière; ils tendent à avoir une moins bonne précision spatiale de la pince dans le champ gauche que dans le champ droit, alors que les témoins ont sensiblement la même précision spatiale dans les deux champs. On ne rencontre qu'une tendance entre les deux groupes à différer selon la main utilisée et l'orientation de la

gouttière; en effet, les acalleux ont des performances semblables pour l'une ou l'autre main, alors que chez les témoins la main droite est nettement meilleure au pointage dans toutes les orientations. Il ressort pour l'ensemble des sujets, que la main gauche commet plus d'erreurs spatiales que la main droite pour toute orientation dans le champ droit, alors que la main gauche est plus ou moins équivalente à la main droite dans le champ gauche.

L'étude de l'erreur angulaire de la pince ne permet pas de mettre en évidence le déficit d'anticipation principalement à cause du respect irrégulier de la consigne de la part des sujets et des bruits visuels sur les bandes vidéo lors de la lecture. Les différentes orientations de la gouttière ont néanmoins un effet sur la précision angulaire; ainsi les sujets sont le plus précis pour une présentation verticale, tandis qu'ils sont le moins précis pour une présentation horizontale et leurs erreurs s'équivalent pour les présentations obliques. Les orientations de la gouttière produisent des erreurs angulaires différentes selon le champ visuel stimulé et non pas selon la main utilisée comme on pouvait s'y attendre. Ces constatations sont probablement reliées à la nature de la tâche: la gouttière verticale requiert un ajustement minimal du poignet et de la pince par rapport à la position de départ, alors que la gouttière

horizontale requiert un ajustement plus important de divers segments du bras et de la pince pour s'adapter à l'objet à saisir.

L'ensemble des sujets présente un écart de pince plus grand pour la main gauche que pour la main droite, ce qui est en accord avec l'étude de L. Jakobson (communication personnelle) sur une population normale. En effet, dans l'étude présente, les témoins ont un écart de pince plus grand pour la main gauche que pour la main droite, alors que les agénésiques et les callosotomisés tendent à adopter le même écart de la pince à la main gauche et à la main droite. Sur l'ensemble des sujets, l'écart de la pince est plus petit pour les conditions ipsilatérales de la main et du champ, ce qui implique un meilleur contrôle quand un seul hémisphère est responsable de l'atteinte et du guidage visuel. Enfin, l'orientation de la cible tend à influencer l'écart de la pince; ainsi, pour une présentation verticale la pince est en ouverture maximale, tandis qu'elle est minimale pour une présentation horizontale et moyenne pour les présentations obliques.

De façon contrastante, la gouttière verticale semble imposer une ouverture maximale de la pince et permettre la plus grande précision angulaire, alors que la gouttière horizontale incite à une ouverture minimale de la pince et donne lieu à

l'erreur angulaire la plus importante. Les chercheurs qui ont étudié la cinématique du mouvement de préhension (Jeannerod et Biguer, 1982; Jeeves et Silver, 1988; Brinkman, 1984) ont privilégié pour plus de commodité une situation où la main doit saisir un objet en pronation; il leur était également plus aisé de prendre des mesures puisque l'ouverture de la pince est maximale dans cette posture comme il est constaté ici lorsque la gouttière est verticale.

L'analyse des temps de transport ne montre pas de différence entre les groupes, elle indique pour l'ensemble des sujets une plus grande efficacité dans les conditions ipsilatérales et montre que l'orientation peut avoir une influence sur les temps. Les temps de transport tendent à différer selon le champ visuel et l'orientation de la gouttière; en effet, dans le champ droit, le même temps de transport est requis pour toutes les orientations, alors que dans le champ gauche, le temps de transport est plus rapide et diffère selon les orientations. Ces résultats sont comparables à ceux de Jeeves et Silver (1988) qui ont observé lors d'une présentation avec tachistoscope, que leur sujet agénésique prenait le même temps que les normaux pour atteindre le stimulus.

La réussite de la tâche d'atteinte avec préhension a

été évaluée d'après deux critères différents dans le but de trouver une mesure valable compte tenu des difficultés techniques rencontrées au moment du retrait de la cheville. Seule l'analyse du temps de retrait partiel (correspondant à l'arrêt du chrono) s'est révélée intéressante; cette analyse démontre que, pour l'ensemble des sujets, la tâche est réussie plus rapidement en condition ipsilatérale. Les sujets expérimentaux sont plus lents que les sujets témoins à retirer la cheville à cause des changements d'orientation de la gouttière les obligeant à faire une correction de la posture des doigts et de la main après le contact. Ce problème d'ataxie optique est comparable, quoique moins dramatique, à celui du sujet acalleux observé par Jeeves et Silver (1988) qui, malgré le fait qu'il était aussi rapide que les sujets normaux pour une tâche simple d'atteinte, prenait un temps deux fois supérieur à celui des sujets normaux pour saisir un objet lors d'une présentation au tachistoscope.

Discussion générale

La performance des sujets acalleux de la présente recherche démontre de façon évidente que l'ataxie optique peut être observée lors de lésions autres que pariétales comme l'ont rapporté Hécaen et Ajuriaguerra (1954) pour une lésion frontale, Ferro et al. (1983) pour une lésion calleuse et

Benoit (1987) pour une callosotomie postérieure et pour des agénésiques du corps calleux.

Les sujets sans corps calleux diffèrent de l'ataxie croisée bilatérale postulée par Rondot et al. (1977); en effet, l'incoordination visuo-motrice se manifeste avec la main ipsilatérale à l'hémisphère stimulé visuellement et un déficit distal apparaît quand l'hémisphère droit contrôle seul l'information visuelle du champ gauche et de la main gauche. Les acalleux devraient théoriquement conserver un bon contrôle de la main controlatérale dans le champ visuel homonyme puisque les régions pariétales de chaque hémisphère sont intactes. Le déficit est le même que celui trouvé par Benoit (1987) chez des agénésiques lors d'une tâche de pointage périmétrique. L'absence d'influx calleux entre l'hémisphère gauche et l'hémisphère droit semble perturber à la fois les conditions croisées et la condition directe sous contrôle exclusif de l'hémisphère droit.

Chez les sujets normaux, les deux mécanismes proximal et distal du mouvement d'atteinte avec préhension sont concomitants de sorte que l'ajustement distal est complété pendant le transport (Jeannerod, 1986a). La présente étude met en évidence un déficit distal chez les sujets sans corps calleux puisque l'adaptation de la main à la cible est

incomplète avant le contact de manière semblable aux sujets pariétaux de Perenin et Vighetto (1988). Les études de ces derniers chercheurs ont démontré un déficit à la fois proximal et distal chez leurs sujets. La situation expérimentale de la présente étude ne comporte pas de changement de localisation de la cible, ni de changement de main utilisée pendant la série d'essais pour une condition donnée; c'est pourquoi l'analyse des erreurs spatiales est peu indicatrice d'un déficit proximal, le sujet pouvant prévoir le point d'arrivée de son geste. Le déficit distal est cependant démontré lorsque le sujet doit adapter la main et les doigts d'un essai à l'autre conformément à l'angle et aux dimensions du stimulus.

L'anticipation défectueuse de la pince chez les acalleux a pu être en partie vérifiée dans la présente recherche par une tendance à adopter un écart de la pince équivalent pour les deux mains alors que chez les sujets témoins l'écart de pince était plus petit pour la main droite et plus grand pour la main gauche. Bien que Jeeves et Silver (1988) aient étudié la préhension de la main plutôt que celle du pouce et de l'index, ils ont observé un défaut d'anticipation de la pince chez leur sujet agnésique; l'ouverture maximale de la main pendant le transport étant moindre que celle des sujets normaux et le pouce et l'index ne se refermant qu'après le contact. Les sujets agnésiques de la

présente recherche semblent posséder un meilleur contrôle sur la pince que le sujet de Jeeves et Silver (1988) mais ils anticipent incorrectement. Dans ce contexte, la proposition de Jeeves à l'effet que les acalleux développent un contrôle distal ipsilatéral qui serait en compétition avec le contrôle controlatéral pour les mouvements indépendants des doigts, peut s'appliquer à nos résultats.

L'asymétrie en faveur de l'hémisphère gauche qui est démontrée dans la recherche présente est corroborée par plusieurs auteurs principalement à partir d'études cliniques. Perenin et Vighetto (1988) ont constaté que les lésions pariétales gauches entraînaient un déficit du champ visuel controlatéral et aussi de la main controlatérale, alors que le déficit produit par les lésions droites se limitait au champ visuel controlatéral à la lésion. Les recherches de Goodale (1988) sur des patients avec lésions unilatérales et sur des sujets normaux l'ont amené à émettre l'hypothèse d'un mécanisme situé dans l'hémisphère gauche qui serait responsable de l'activité volontaire séquentielle. Lors de tâches complexes, ce centre choisirait le mouvement à effectuer et faciliterait la transition entre chaque mouvement non seulement pour le langage mais aussi pour la programmation des côtés gauche et droit du corps. Kimura a repris les idées de Liepmann qui, en 1908, avait souligné le rôle joué par l'hémisphère gauche dans

de nombreux comportements moteurs dont le langage. Elle a établi que le rôle prépondérant de l'hémisphère gauche dans la motricité volontaire n'était pas un effet de la préférence manuelle mais plutôt d'une proximité avec les zones responsables du langage (Kimura, 1980, 1982: voir Goodale, 1988).

La possibilité qu'il existe chez les sujets à cerveau divisé un centre de contrôle de la motricité séquentielle dans chaque hémisphère n'est pas retenue, car la performance des sujets agénésiques et du jeune sujet callosotomisé présente un contrôle comparable à la normale seulement pour la main droite dans le champ visuel droit. L'hémisphère droit est donc moins performant en l'absence de l'influence de l'hémisphère gauche. Les résultats de la présente recherche sont en accord avec l'opinion de Preilowski (1975) à l'effet qu'il existe une dominance hémisphérique pour le contrôle moteur chez les acalieux et que la partie antérieure du corps calleux est la région cruciale de transfert pour le contrôle de la motricité. Jeeves et al. (1988) ont constaté une dominance hémisphérique pour le contrôle distal chez leurs sujets agénésiques démontrant le même déficit que les sujets avec callosotomie antérieure de Preilowski (1975). D'autre part, il semble que l'avantage habituellement reconnu à l'hémisphère droit pour des tâches simples de localisation d'un objet dans l'espace et de

sa direction semble disparaître lorsque les relations entre les composantes du stimulus peuvent être verbalisées (Berlucchi et al., 1979; Umiltà et al., 1974; voir DeRenzi, 1982).

Plusieurs régions corticales sont impliquées lors d'un geste d'atteinte volontaire comme le rapportent les études animales. La région corticale la plus importante semble être la région pariétale postérieure contenant des cellules d'atteinte (Robinson et al., 1978) de deux types; les unes sensibles aux indices visuels et les autres sensibles aux indices somato-sensoriels ou non-visuels, mais toujours actives pendant le mouvement (Blum, 1985). Chez le singe rhésus, les cellules corticales montrent une activation initiale des zones motrices avant la région pariétale postérieure, cette activation se produisant elle-même bien avant la réponse motrice du sujet (Georgopoulos, 1987). Kalaska et al. (1985) sont parvenus à identifier un pattern d'activation cellulaire commun aux régions 4 et 5 concernant la direction du mouvement que l'animal se propose de faire ou qu'il réalise effectivement. L'information communiquée correspond peut-être davantage au mouvement du membre qu'à la direction de la cible dans l'espace. Il existe par ailleurs une théorie proposée par Polit et Bizzi (1979; voir Georgopoulos et al., 1985) voulant que les aires motrices et pariétales soient activées après un processus ciblant le point d'arrivée. Cette ligne de recherche

propose donc elle aussi l'hypothèse d'un mécanisme exerçant au niveau cortical un rôle de programmation et de synchronisme lors d'un geste d'atteinte volontaire.

Les études de l'activité des aires prémotrices montrent le rôle actif de l'aire motrice supplémentaire (AMS) lors de mouvements des doigts effectués selon une séquence prédéterminée alors que la région latérale prémotrice montre peu d'activité, par contre si les mouvements sont indiqués par des instructions verbales l'activité de ce cortex latéral prémoteur augmente (Roland, 1985). Il semble fort possible que le cortex latéral prémoteur chez l'homme entre en activité quand le sujet doit tenir compte d'indices extérieurs pour la précision de sa réponse distale (verbaux certainement, mais peut-être aussi visuels).

Les résultats démontrent que le transfert de l'information visuelle ne se fait pas directement d'une région occipitale vers la région homologue controlatérale lors d'une situation où le sujet doit utiliser la main ipsilatérale au champ visuel stimulé. Les résultats infirment donc l'hypothèse de Stenvers (1961) à l'effet que le splénium soit une région calleuse possiblement impliquée dans le transfert d'information interhémisphérique. L'hypothèse plus précise de Ferro et al. (1983) proposant le splénium dorsal comme lieu de transfert se

trouve rejetée également. Finalement, les résultats sont en contradiction avec l'énoncé de Brinkman et Kuypers (1973) selon lequel la transmission interhémisphérique adéquate pour le contrôle visuel de la main ipsilatérale au champ stimulé est effectuée par le splénium. En effet, le sujet callosotomisé avec épargne accidentelle du splénium présente le même déficit que les autres callosotomisés.

Les résultats de la présente recherche suggèrent que l'information visuelle requise, lors d'un mouvement de précision effectué par la main ipsilatérale à l'hémisphère recevant l'information visuelle, doit être traitée avec les apports des régions pariétales et frontales par le même hémisphère avant qu'il y ait transfert de l'information dans l'autre hémisphère. Ils sont en accord avec l'hypothèse d'une autre voie possible émise par Stenvers (1961) via la partie antérieure du corps calleux pour atteindre le lobe frontal contralatéral. D'autre part, Ratcliff et Davies-Jones (1972) ont émis l'hypothèse que la partie antérieure du corps calleux ne participe pas au déficit d'imprécision visuo-motrice. En accord avec ces derniers auteurs, l'étude de Benoit (1987) démontre que son sujet avec section du tiers antérieur du corps calleux ne souffre d'aucun déficit de pointage en périphérie. Il est difficile de concilier ces résultats en apparence contradictoires; une discussion plus poussée est nécessaire.

Dans le cas du sujet callosotomisé M.P. avec épargne du splenium, sa capacité à effectuer un transfert de l'information visuelle vers l'hémisphère controlatéral a été démontrée (Lassonde et al., 1988). La voie spléniale étant fonctionnelle, comment se fait-il qu'il n'ait pas utilisé cette voie, se comportant ainsi comme les autres callosotomisés? L'hypothèse probable est que la voie spléniale n'est pas la voie normale de transfert lorsque la main utilisée est ipsilatérale au champ visuel stimulé; le transfert se ferait donc plus antérieurement.

Il faut se demander, d'autre part, comment le sujet de Benoit (1987) ayant une section antérieure du corps calleux parvient à effectuer un pointage normal. Il est possible que la région critique du transfert n'ait pas été atteinte lors de la chirurgie, car la lésion ne comporte que le tiers antérieur du corps calleux; de sorte que le faisceau projetant à partir de l'aire motrice supplémentaire situé dans le lobe frontal de chaque hémisphère (Pandya et Seltzer, 1986) peut permettre le transfert de l'information. La zone cruciale de transfert pour un geste guidé visuellement se situerait par conséquent à l'avant du tronc du corps calleux. Cette hypothèse est d'autant plus valable qu'il a été démontré chez le singe que l'aire motrice supplémentaire possède des représentations de toutes

les régions du corps et qu'elle joue un rôle de première importance dans l'anticipation et dans l'exécution volontaire de mouvements appris (Brinkman, 1984; Wiesendanger et al., 1987).

Dans la même région critique, l'aire prémotrice arquée projette des fibres calleuses chevauchant en partie les fibres en provenance de l'aire motrice supplémentaire (Pandya et Seltzers, 1986). Le cortex prémoteur arqué dirigerait le geste à partir d'indices visuels fournis par l'environnement extérieur, alors que l'aire motrice supplémentaire dirigerait l'action à partir d'indices proprioceptifs concernant les actions même de l'animal (Passingham, 1987). Il serait logique de croire que le faisceau calleux provenant de l'aire prémotrice arquée soit aussi épargné chez la patiente ayant une callosotomie antérieure, puisque la précision du pointage sollicite à la fois l'emploi d'indices de l'espace extérieur et la répétition d'un geste appris.

Le centre de contrôle responsable de la programmation du mouvement volontaire pourrait correspondre, en effet, à l'aire motrice supplémentaire de l'hémisphère gauche; d'autant plus que Brinkman (1984) a démontré chez le singe que l'hémisphère opposé à la main préférée avait tendance à programmer par la voie calleuse la main non-préférée de la même

manière que la main préférée et qu'une section calleuse interrompant son influence, faisait disparaître le déficit.

Appendice A

Exemples de protocole d'expérimentation
et feuilles d'analyse d'image

Nom du sujet: _____

Groupe

Champ visuel: RF ou LF

Main utilisée: RH ou LH

DISQUE (orientation)

—	/		/	—	\			\	/
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

—		/	\	\	—	/		\	—
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

reprises:

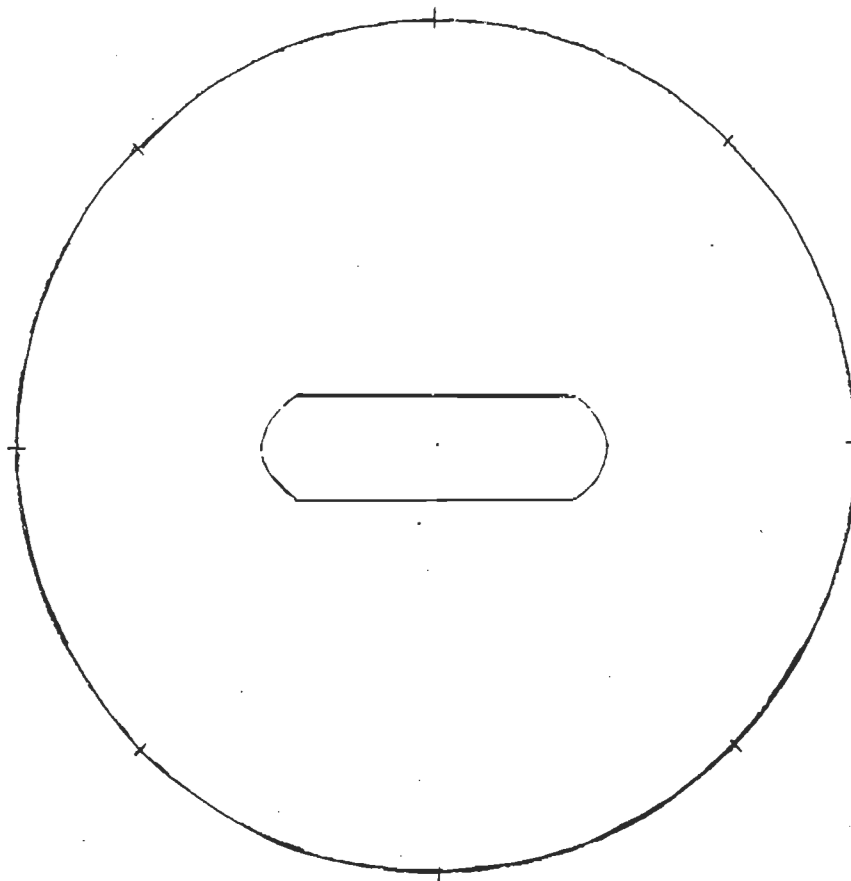
KUYPERS (atteinte et pince)

	\	—	\		/	—	—	/	\
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

	—	\	/	/		\	—	/	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

reprises:

DISQUE CONDITION: CG CD SUJET: AGE: SEXE:
D'ORIENTATION MG MD DOMINANCE: MG MD GROUPE: EXP CON



NO DE L'ESSAI: _____

POSITION DE LA MAIN AU CONTACT:

DEPART : _ _ : _ _ : _ _ . _ _

correcte _____ incorrecte _____

CONTACT : _ _ : _ _ : _ _ . _ _

DOIGTS NON GROUPES _____

REUSSITE: _ _ : _ _ : _ _ . _ _

DOIGTS EN FLEXION _____

TEMPS TOTAL : _ _ . _ _ csec

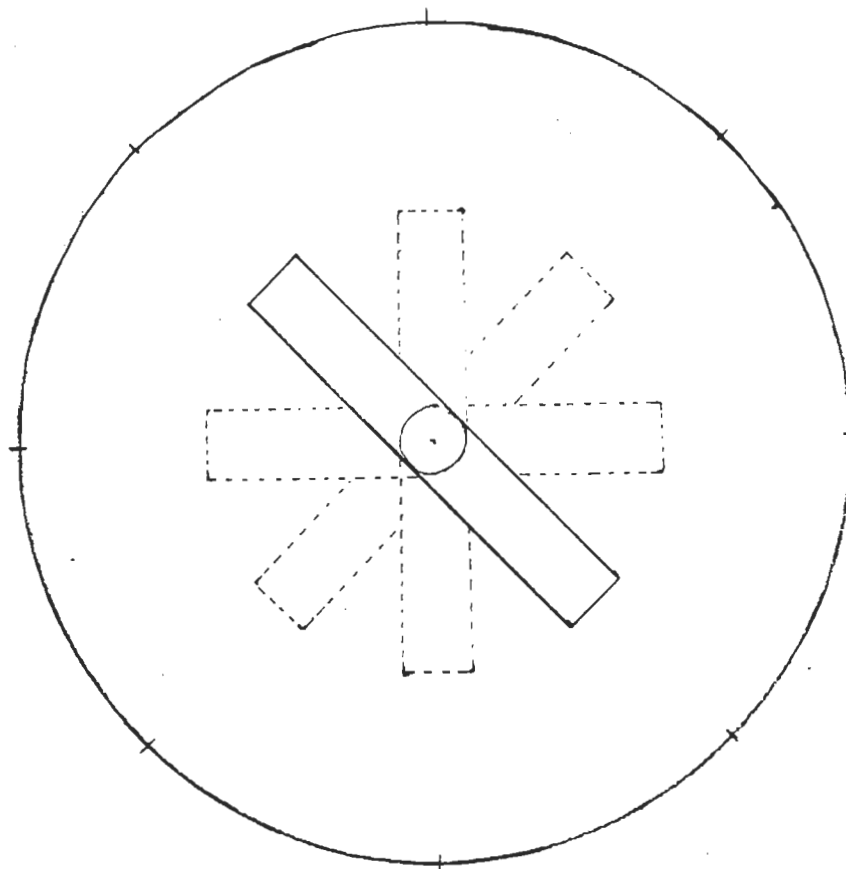
DOIGTS EN EXTENSION _____

CORRECTION R-C: _ _ . _ _ csec

DEVIATION RADIALE _____

DEVIATION CUBITALE _____

DISQUE CONDITION: CG CD SUJET: AGE: SEXE:
DE KUYPERS MG MD DOMINANCE: MG MD GROUPE: EX CO



NO DE L'ESSAI: _____

(repère sur ruban):

DEPART : _ _ : _ _ : _ _ . _ _

PINCE : _ _ : _ _ : _ _ . _ _

CONTACT: _ _ : _ _ : _ _ . _ _

RETRAIT: _ _ : _ _ : _ _ . _ _

TEMPS TOTAL R-D: _ _ . _ _ csec

CORRECTION R-C : _ _ . _ _ csec

DIFFERENCE P-C : _ _ . _ _ csec

CIBLE	CONDITION	PRESENTATION	SUJET
-------	-----------	--------------	-------

NOMBRE D'ESSAIS REJETES: _____

CAUSES:

	1	2	3	4	5	6	7	8	tot.
ERREUR EXP.									
DECISION DE L'EXP.									
S. REGARDE AU DEPART									
SACCADE VERS LA CIBLE									
S. A LES YEUX FERMES									
S. REGARDE A L'EXTERIEUR									
S. ABANDONNE									

REMARQUES:

Appendice B

Disque d'orientation:
tableaux détaillés

Tableau 6

CIBLE D'ORIENTATION: DETAIL DES ESSAIS REJETES

		CHAMP VISUEL GAUCHE								CHAMP VISUEL DROIT							
		Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Orientation de la cible:		/	—	\		/	—	\		/	—	\		/	—	\	
E X P E R I M E N T A U X	M.P.			1c		2c	1c	1c	1c	2c	1c	2c	5c	3c 2e	1c	2c 1e	1c 2e
	S.D.						1c			1c					1c		
	L.G.		1c		1c	2c	1c					1e					1c
	M.G.							1c				1e					1c
	P.G.															1c	
T E M P O I N S	F.C.		3c	1c			2c	2c					1c			3c	
	R.B.																
	R.R.																

motifs de rejet:

c: regarde vers la cible pendant la tâche

e: abandon de la tâche

Tableau 8

CIBLE D'ORIENTATION: DETAIL DES REUSSITES DIRECTES

		CHAMP VISUEL GAUCHE								CHAMP VISUEL DROIT							
		Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Orientation de la cible:			/	—	\		/	—	\		/	—	\		/	—	\
E X P E R I M E N T A U X	M.P.	2	1	3	2	0	0	1	0	1	0	0	3	1	1	3	1
	S.D.	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	1	3	1
	L.G.	1	1	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	0	1	1	1
	M.G.	0	1	0	0	1	3	2	0	0	0	1	0	2	0	0	1
T E M O I N S	P.G.	4	2	4	3	2	2	3	2	1	3	2	2	2	1	5	3
	F.C.	1	2	1	1	1	0	2	0	1	2	1	2	1	1	2	1
	R.B.	1	4	5	4	4	3	3	2	3	2	4	3	2	1	5	3
	R.R.	5	4	4	3	4	3	4	1	2	4	2	4	3	0	3	4

Tableau 9

CIBLE D'ORIENTATION: ERREURS DE FACONNEMENT DE LA MAIN

CHAMP VISUEL GAUCHE

CHAMP VISUEL DROIT

		Main gauche					Main droite					Main gauche					Main droite				
Orientation de la cible:		/	—	\	/	—	\	/	—	\	/	—	\	/	—	\	/	—	\		
E X P E R I M E N T A U X	M.P.	0	1a	2b	1b	1b	0	0	0	1a	1a 1b	0	1a	0	0	0	0	0			
	S.D.	1a	1a 1b	3b	1b	1a 1b	0	1a 1b	2b	1b	1a	1b	1a 2b	1d	0	1b	1b	1b			
	L.G.	1c 3e	1ae 1be 2ce	2be 3e	1ae 2ce	1a	1b 2e	1b	1a 1b 1c	2b 1c 1e	2b 1ce 1e	2b	1ce 1d 1e	1a 1bc 2e	1ae 2be 2e	1ac 4e	1ae 4e	1ae 4e			
	M.G.	3b	3b	5b	3b	0	1a	0	1a	1b	0	1a 1d	1d	0	1b	0	1a 1b	1b			
T E M O I N S	P.G.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
	F.C.	2b	1a 1b	2b	1a 1ab 1b 1e	1b	1a	1b	0	4a	1a 1b	1a 1ad	1a 1ab	0	2b	0	0	0			
	R.B.	0	0	0	1b	0	0	1a	0	1b	0	0	1b	0	1e	0	0	0			
	R.R.	0	0	0	0	0	1b	1a	0	0	0	0	0	0	1b	0	0	0			

a: non groupés

d: déviation radiale

b: en flexion

e: déviation cubitale

c: en extension

Tableau 12

Cible d'orientation: erreurs spatiales

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Acalieux																
M.P.																
Moyenne	1	1,1	0,72	1,08	3,58	2,86	1,68	2,88	1,96	2,56	2,2	1,44	1,82	0,97	0,85	1,25
Ecart-type	0,68	0,79	0,37	0,84	0,98	1,09	0,94	1,54	0,93	1,49	1,01	1,06	1,13	0,44	0,34	1,05
S.D.																
Moyenne	4,96	2,28	3,42	5,14	4,88	2,6	4,5	4,4	1,84	2,18	3,36	2,7	3,34	1,46	1,44	2,16
Ecart-type	1,9	0,73	1,52	2,07	1,65	1,73	1,86	2,94	0,66	0,65	1,42	1,5	1,54	1,19	0,89	0,89
L.S.																
Moyenne	1,32	1,7	1,46	3	1,56	2,62	2,48	3,06	1,58	2,16	1,22	2,18	1,18	1,58	1,4	2,62
Ecart-type	0,58	0,89	0,86	1,61	0,67	1,15	1,26	1,62	1,15	1,23	0,67	1,84	0,48	1,07	0,89	1,42
M.S.																
Moyenne	3,04	2,66	3,92	2,84	2,34	2,4	1,8	1,2	3,74	4,22	4,2	2,26	1,08	1,62	2,08	1,80
Ecart-type	0,62	1,13	1,18	0,9	1,42	2	1,29	0,5	1,92	1,49	1,49	1,77	0,77	0,61	0,73	1,29
Témoins																
P.S.																
Moyenne	0,8	1,82	0,72	0,46	1,24	1,34	1,48	2,4	1,78	1,2	1,6	0,26	1,84	1,02	0,58	1,1
Ecart-type	0,68	1,41	0,46	0,19	0,5	0,8	0,54	1,49	0,56	1,18	0,94	0,29	0,89	0,85	0,12	0,91
F.C.																
Moyenne	2,06	2,66	2,24	2,4	2,28	2,66	1,65	2,7	1,64	3,12	2,54	1,2	2,76	1,94	1,74	1,74
Ecart-type	1,29	1,54	1,11	1,42	1,17	0,75	1,23	1,22	0,59	1,06	1,09	0,98	1,4	0,89	1,12	1,03
R.B.																
Moyenne	1,68	1,32	0,9	0,62	0,84	1,58	1,86	1,62	1,7	2,44	1,16	1,74	1,64	0,84	0,42	1,38
Ecart-type	0,79	0,72	0,11	0,39	0,54	0,68	1,28	0,9	1,59	1,8	0,75	1,01	1,1	0,4	0,34	1,3
R.R.																
Moyenne	0,44	0,98	1,56	1,14	0,62	1,22	1,5	1,72	1,26	1,04	1,58	0,54	1	1,46	1,22	1,34
Ecart-type	0,18	0,66	1,09	0,42	0,79	0,65	0,94	0,88	0,67	0,43	0,82	0,53	1,19	0,94	0,97	2,01

Tableau 15

Cible d'orientation: erreurs d'angle

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Acalieux																
M.P.																
Moyenne	7,22	13,4	1,78	8,7	44,98	49,66	20,2	18,1	19,3	35,7	13,46	15,42	4,9	12,97	1,75	1,35
Ecart-type	2,9	7,46	1,56	10,09	34,89	14,04	22,09	19,64	19,69	21,96	14,9	11,4	7,18	9,04	0,76	0,55
S.D.																
Moyenne	3,22	14,06	23,47	31,92	37,82	23	4,9	9,28	26,08	23,44	30,72	39,1	12	13,34	4,62	2,94
Ecart-type	2,4	9,71	34,4	8,94	15,68	14,52	6,68	13,69	30,13	20,04	32,05	12,84	21,26	16,13	5,47	3,04
L.G.																
Moyenne	21,88	21,22	34,4	11,6	18,04	11,58	26,42	62,26	6,78	6,54	7,5	27,78	30,08	10,36	15,7	9,14
Ecart-type	25,45	21,62	16,3	9,18	22,13	10,77	12,83	31,24	4,79	5	8,26	18,94	30,72	9,6	12,14	10,61
M.G.																
Moyenne	40,28	37,46	30,96	49,48	34,42	18,64	27,5	57,82	64,2	13,54	6,28	50,6	11,42	19,24	3,56	3,12
Ecart-type	18,98	30,14	27,28	19,04	23,6	25,5	24,52	27,48	19,31	5,32	2,75	15,46	19,38	12,65	4,23	4,14
Témoins																
P.G.																
Moyenne	0,94	6,8	1,72	25,42	5,94	13,4	7,58	8,36	6,42	14,76	1,24	7,6	15,84	37,24	1,32	9,96
Ecart-type	0,64	6,51	1,38	14,91	4,94	10,35	4,74	3,36	7,19	13,84	1,32	0,91	29,98	31,23	0,64	8,26
F.C.																
Moyenne	42,52	15,54	10,5	26,28	14,62	14,98	8	24,92	23,18	35,27	27,26	21,38	15,14	21,48	5,86	14
Ecart-type	27,62	21,2	5,68	23,04	10,81	8,33	7,26	30,93	18,75	27,61	33,62	18,7	17,93	11,48	4,42	10,4
R.B.																
Moyenne	6,52	1,04	1,84	9,76	2,56	8,96	12,08	3,92	17,66	8,12	0,8	12,12	1	8,86	3,44	11,62
Ecart-type	9,05	0,93	2,35	14,81	1,7	7,56	11,81	4,8	21,31	15,34	0,55	13,12	0,66	7,99	1,6	17,98
R.R.																
Moyenne	0,64	3,5	0,64	5,74	3,82	4	1,54	11,7	0,98	0,84	0,28	1,78	1,04	21,12	3	4,9
Ecart-type	0,39	2,5	0,49	7,2	3,9	2,09	1,19	3,9	0,27	0,67	0,32	1,65	1,25	11,96	4,06	7,34

Tableau 18

Cible d'orientation: temps réel de transport (sec)

	<u>Champ visuel gauche</u>								<u>Champ visuel droit</u>							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Moyenne	0.34	0.29	0.34	0.31	0.57	0.55	0.51	0.53	0.73	0.69	0.69	0.67	0.39	0.37	0.41	0.39
Ecart-type	0.030	0.020	0.024	0.016	0.056	0.088	0.031	0.042	0.051	0.054	0.067	0.033	0.045	0.026	0.088	0.015
S.D.																
Moyenne	0.41	0.49	0.48	0.41	0.54	0.64	0.57	0.54	0.60	0.53	0.56	0.57	0.49	0.46	0.58	0.50
Ecart-type	0.082	0.060	0.069	0.094	0.024	0.081	0.090	0.060	0.046	0.051	0.093	0.062	0.112	0.045	0.050	0.082
L.G.																
Moyenne	0.40	0.47	0.44	0.51	0.51	0.52	0.53	0.56	0.76	0.81	0.81	0.68	0.44	0.41	0.44	0.44
Ecart-type	0.018	0.045	0.047	0.051	0.109	0.104	0.080	0.117	0.055	0.095	0.153	0.125	0.027	0.076	0.055	0.067
M.G.																
Moyenne	0.42	0.38	0.39	0.43	0.43	0.42	0.53	0.43	0.49	0.44	0.49	0.51	0.38	0.40	0.44	0.40
Ecart-type	0.058	0.021	0.034	0.010	0.035	0.045	0.043	0.062	0.033	0.033	0.036	0.097	0.028	0.038	0.103	0.037
Témoins																
P.G.																
Moyenne	0.46	0.55	0.45	0.49	0.54	0.52	0.53	0.50	0.46	0.47	0.49	0.57	0.35	0.44	0.43	0.38
Ecart-type	0.056	0.134	0.037	0.072	0.066	0.050	0.064	0.060	0.044	0.030	0.039	0.032	0.014	0.037	0.028	0.076
F.D.																
Moyenne	0.49	0.47	0.51	0.51	0.75	0.82	0.69	0.76	0.66	0.64	0.55	0.63	0.53	0.49	0.59	0.58
Ecart-type	0.042	0.039	0.057	0.058	0.051	0.085	0.085	0.041	0.079	0.022	0.019	0.099	0.060	0.118	0.114	0.161
R.B.																
Moyenne	0.57	0.51	0.52	0.56	0.64	0.57	0.55	0.63	0.58	0.62	0.62	0.62	0.60	0.59	0.58	0.57
Ecart-type	0.080	0.102	0.080	0.072	0.047	0.037	0.026	0.083	0.036	0.063	0.045	0.069	0.028	0.028	0.097	0.024
R.R.																
Moyenne	0.35	0.36	0.35	0.37	0.39	0.37	0.40	0.40	0.36	0.32	0.38	0.36	0.30	0.29	0.31	0.29
Ecart-type	0.026	0.007	0.012	0.016	0.008	0.016	0.051	0.028	0.021	0.027	0.027	0.021	0.020	0.010	0.034	0.009

Tableau 21

Cible d'orientation: temps réel de réussite (sec)

		Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
		Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
M.P.																	
Moyenne	0.51	0.57	0.52	0.67	1.94	1.74	1.31	1.51	1.45	1.49	1.26	1.34	0.86	0.53	0.51	0.52	
Ecart-type	0.096	0.167	0.042	0.186	0.584	0.104	0.316	0.182	0.151	0.210	0.123	0.101	0.179	0.026	0.144	0.015	
S.D.																	
Moyenne	0.83	0.98	1.56	0.93	1.29	1.33	1.36	1.33	1.21	1.05	1.13	1.21	1.11	1.03	0.97	0.97	
Ecart-type	0.157	0.217	0.579	0.136	0.153	0.148	0.285	0.152	0.240	0.170	0.355	0.104	0.226	0.244	0.182	0.194	
L.G.																	
Moyenne	1.04	1.14	1.11	1.24	1.31	1.03	1.46	1.40	1.57	1.75	1.72	1.75	1.03	0.91	0.90	0.86	
Ecart-type	0.145	0.086	0.210	0.142	0.161	0.158	0.304	0.143	0.167	0.169	0.127	0.229	0.099	0.188	0.090	0.075	
M.G.																	
Moyenne	0.79	0.75	0.66	0.76	0.86	0.70	0.71	0.86	1.06	0.79	0.74	0.89	0.75	0.74	0.82	0.77	
Ecart-type	0.204	0.175	0.059	0.117	0.258	0.270	0.146	0.162	0.442	0.146	0.036	0.176	0.163	0.082	0.161	0.090	
Témoins																	
P.G.																	
Moyenne	0.69	0.68	0.65	0.91	0.80	0.91	0.88	0.83	0.83	0.61	0.67	0.78	0.70	0.67	0.61	0.57	
Ecart-type	0.047	0.103	0.058	0.044	0.270	0.146	0.225	0.207	0.454	0.019	0.083	0.066	0.272	0.096	0.029	0.057	
P.D.																	
Moyenne	1.29	1.21	1.08	1.27	1.36	1.66	1.39	1.34	1.23	1.38	1.33	1.07	1.12	1.30	1.15	1.00	
Ecart-type	0.626	0.190	0.179	0.213	0.469	0.640	0.276	0.156	0.433	0.494	0.137	0.095	0.066	0.469	0.221	0.170	
R.B.																	
Moyenne	1.13	0.89	0.76	1.00	1.13	1.06	1.03	1.17	0.90	0.92	0.95	1.04	1.16	0.74	0.75	0.88	
Ecart-type	0.169	0.187	0.097	0.100	0.147	0.223	0.133	0.073	0.089	0.093	0.108	0.083	0.107	0.042	0.082	0.141	
S.R.																	
Moyenne	0.49	0.47	0.50	0.57	0.59	0.62	0.60	0.71	0.58	0.48	0.57	0.51	0.40	0.46	0.41	0.44	
Ecart-type	0.038	0.014	0.082	0.024	0.043	0.177	0.107	0.133	0.174	0.063	0.184	0.035	0.038	0.022	0.035	0.146	

Appendice C

Disque de Kuypers:
tableaux détaillés

Tableau 24

CIBLE DE KUYPERS: DETAIL DES ESSAIS REJETES

		CHAMP VISUEL GAUCHE								CHAMP VISUEL DROIT							
		Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Orientation de la cible:		/	—	\	/	—	\	/	—	\	/	—	\	/	—	\	/
E X P E R I M E N T A U X	M.P.		1c 1e	1c	1c	2c	2c	3c	3c	8c	5c	4c	1c	2c	2c	2c	2c
	S.D.	1c	1c			1c 1e			1c						1c		
	L.G.				2c	1d	1d	2d		1c 2d	1c 1e		1c	1c			
	M.G.			1c									1c		1c		
T E M O I N S	P.G.																
	F.C.	1c	3c	1c		2c	1c			1c	1c		1c	2c	1c		1c
	R.B.																
	R.R.										1c			1c		1c	

motifs de rejet:

c: regarde vers la cible pendant la tâche

e: abandon de la tâche

Tableau 24

Cible de Kuypers: erreurs spatiales (cm)

Acallex	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
M.P.																
Moyenne	0,56	1,9	2,24	0,34	2,56	3,54	4,84	3,37	2,62	1,47	3,04	3,26	0,78	0,76	1,58	1,1
Ecart-type	0,45	0,24	1,35	0,1	1,22	1,16	1,75	1,08	0,97	0,58	2,14	2,35	0,45	0,39	0,65	0,77
S.D.																
Moyenne	3,6	3,4	3,36	2,8	4	4,46	4,9	3,96	2,58	2,46	2,1	5	3,42	2,04	1,46	1,92
Ecart-type	1,3	1,2	1,61	0,14	1,3	1,87	1,9	1,92	0,99	1,42	0,84	3,37	2,01	1,09	0,62	0,23
L.G.																
Moyenne	2,04	2,58	1,44	1,8	0,56	0,9	1,4	1,96	1,48	3,24	1,66	2,8	1,44	1,46	1,72	1,16
Ecart-type	0,92	1,23	0,98	0,72	0,43	0,43	0,29	1,25	0,57	1,07	1,55	1,35	0,93	0,79	0,61	0,53
M.G.																
Moyenne	2,38	2,38	1,3	1,52	2,3	3,1	3,04	1,42	1,92	1,82	1,4	1,86	0,92	1,2	0,62	0,68
Ecart-type	0,74	1,3	0,91	0,84	1,11	1,36	1,87	0,59	0,73	0,41	1,37	1,08	0,47	0,84	0,31	0,46
Témoins																
P.G.																
Moyenne	1,96	2,14	1,82	1,98	1,26	1,06	1,22	1,06	1,6	1,76	2,38	1,88	0,48	0,58	0,98	1,44
Ecart-type	1,12	0,41	1,01	0,9	1,26	0,63	0,26	0,37	1,16	1,08	0,68	0,79	0,36	0,38	0,55	0,83
F.C.																
Moyenne	2,04	2,4	2,82	2,62	2,14	2,36	2,8	2,7	3,78	3,72	6,38	3,36	1,62	1,52	1,98	1,28
Ecart-type	1,3	1,09	1,88	2,06	0,39	0,37	1,58	1,41	1,74	1,51	1,19	1,98	1,05	0,95	0,82	0,43
R.B.																
Moyenne	2,76	2,86	3,44	3,72	1,76	1,2	1,42	2,6	1,26	0,84	2,06	1,56	3,04	3,12	2,56	1,7
Ecart-type	0,85	1,05	1,28	1,19	1,08	0,55	0,45	1,24	1,35	0,69	1,34	1,05	0,92	0,87	0,9	0,48
R.R.																
Moyenne	0,9	1,26	0,94	0,54	1,5	1,86	2,48	1,7	1,52	1,54	0,64	1,02	0,36	1,08	0,66	0,78
Ecart-type	0,51	0,93	0,55	0,22	0,68	0,81	1,49	1,32	0,65	0,63	0,49	0,5	0,33	0,56	0,34	0,25

Tableau 29

Cible de Kuypers: Erreurs d'angle

	Champ visuel gauche										Champ visuel droit									
	Main gauche					Main droite					Main gauche					Main droite				
Acalieux																				
M.P.																				
Moyenne	16,12	22,27	28,68	4,8	27,46	37,78	45,36	7,73	53,84	33,12	64,54	28,6	7,22	2,32	17,58	14,26				
Ecart-type	16,3	16,3	8,01	4,09	17,86	24,52	13,83	2,76	30	26,28	11,57	30,72	5,57	1,77	21,14	10,29				
S.D.																				
Moyenne	30,76	32,66	57,56	42,2	39,4	80,72	57,34	16,16	33,44	23,24	54,72	38,82	43,06	63,56	57,8	48,44				
Ecart-type	24,01	15,9	23,49	16,77	16,62	7,63	18,69	7,03	22,69	17,41	27,19	28,85	30,59	19,28	21,44	6,07				
L.6.																				
Moyenne	71,12	21,68	13,4	57,68	12,62	30,56	51,54	58,38	18,8	39,3	23,02	38,54	49,74	53,52	53,86	47,14				
Ecart-type	9,75	11,1	16,09	15,68	9,24	32,57	25,29	14,7	14,16	18,38	20,36	24,19	26,3	21,77	26,72	33,23				
M.6.																				
Moyenne	31,3	61,88	63,62	16,84	11,64	17,25	63,34	49,18	10,98	37,3	69,22	60,24	55,94	10,74	40,52	80,28				
Ecart-type	19,7	12,62	19,84	14,05	8,38	3,47	9,46	9,47	10,09	18,98	9,64	16,44	17,64	7,07	21,22	8,42				
Témoins																				
P.6.																				
Moyenne	18,62	25,48	21,04	23,66	7,06	36,16	54,4	16,12	12,14	17,22	67,62	47,58	17,1	15,48	28,9	38,46				
Ecart-type	15,34	18,31	13,67	30,43	3,12	15,61	22	9,9	6,54	25,5	10,57	17,85	10,57	9,74	13,88	25,01				
F.C.																				
Moyenne	17,22	38,58	50,62	23,72	28,58	46,36	48,32	11,22	43,36	11,26	56,64	61,3	10,98	22,66	67,54	18,02				
Ecart-type	7,36	21,72	28,59	8,4	13,29	23,08	14,72	9,67	21,51	7,18	10,02	11,96	10,11	21,47	15,05	6,23				
R.B.																				
Moyenne	44,32	28,06	66,06	62,26	32,8	64,18	33,38	22,74	30,08	29,16	34,6	49,48	28,68	58,24	61,56	16,9				
Ecart-type	36,28	16,76	26,45	9,87	24,41	12,39	22,36	13,02	21,6	31,75	30,26	27,64	14,56	10,42	26,47	12,74				
R.R.																				
Moyenne	7,72	13,38	4,14	7,2	7,92	17,18	39,56	8,26	9,58	6,4	34,66	21,88	9,58	5,16	13,04	18,66				
Ecart-type	13,11	8,2	0,62	7,14	3,25	9,36	17,62	13,11	5,5	4,46	15,66	9,31	2,95	3,62	14,58	14,89				

Tableau 32

Cible de Kuypers: écart de pince (cm)

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
Acallex																
M.P.																
Moyenne	4,36	4,08	4,18	4,36	3,92	4,72	2,4	5,71	2,74	2,73	3,86	2,58	3,48	3,86	3,26	4,24
Ecart-type	1,09	1,41	0,84	1,11	1,65	2,45	0,68	0,89	0,71	0,44	0,35	0,55	0,31	0,4	1,67	1,65
S.D.																
Moyenne	3,04	3,06	3,52	3,48	3,56	2,98	2,72	2,28	3,98	3,36	2,44	3,24	2,58	3,3	2,54	2,34
Ecart-type	0,68	0,6	0,57	0,52	0,62	0,57	0,29	0,98	1,41	1,55	0,77	1,8	0,38	0,88	0,48	0,45
L.S.																
Moyenne	2,58	2,84	3,32	3,62	3,52	3,04	3,38	3,52	3,66	2,82	2,88	3,04	2,92	2,32	2,52	2,28
Ecart-type	0,59	0,93	0,43	0,38	0,69	0,64	0,77	0,59	1,12	0,6	0,53	0,49	0,24	0,58	0,58	0,44
M.S.																
Moyenne	2,68	2,28	2,16	2,4	3,38	2,53	2,32	2,18	3	2,56	3,1	2,36	3,06	2,58	1,98	2,80
Ecart-type	0,86	0,27	0,79	0,64	1,44	0,55	1,03	3,36	0,91	0,55	1,68	0,3	0,96	0,62	0,7	0,44
Témoins																
P.S.																
Moyenne	4,8	3,1	3,06	2,7	3,5	2,1	1,44	3,38	3,84	3,72	2,68	3,4	2,52	2,22	2,44	2,6
Ecart-type	1,57	1,74	0,88	1,45	0,44	0,39	0,15	1,28	0,87	1,25	1,4	0,76	0,53	0,78	0,68	0,28
F.C.																
Moyenne	4,06	3,74	3,58	3,68	4,7	5,32	3,42	6,36	5,34	5,68	7,92	7,02	3,1	3,22	3,14	2,64
Ecart-type	1,12	1,33	1,6	1,79	1,08	1,3	0,5	1,82	2,37	1,17	0,67	2,41	1,09	1,29	1,43	1,05
R.B.																
Moyenne	2,52	3,2	2,66	2,12	2,96	2,04	2,68	2,9	3,12	3,4	2,88	2,12	1,68	1,98	1,8	2,22
Ecart-type	0,23	1,16	0,38	0,12	0,74	0,39	0,4	0,55	0,81	1,06	0,8	0,71	0,16	0,48	0,32	0,37
R.R.																
Moyenne	4,1	2,6	2,62	3,84	5,48	4,18	3,38	3,82	5,4	5,48	2,64	3,04	2,82	3,6	3,08	2,64
Ecart-type	1,04	1,04	0,8	1,52	1,28	0,63	0,56	1,75	0,79	1,56	0,38	0,56	1,01	0,79	0,21	0,74

Tableau 35

Kuyvers: temps réel de transport (sec)

Champs visuels																
	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
M.P.																
Moyenne	0.45	0.44	0.61	0.50	0.74	0.70	0.66	0.81	0.89	0.91	0.86	0.94	0.67	0.67	0.75	0.82
Ecart-type	0.037	0.008	0.245	0.029	0.091	0.050	0.043	0.055	0.105	0.085	0.037	0.177	0.062	0.082	0.038	0.242
S.D.																
Moyenne	0.33	0.35	0.39	0.40	0.53	0.53	0.53	0.45	0.61	0.61	0.54	0.56	0.55	0.57	0.49	0.49
Ecart-type	0.036	0.027	0.031	0.021	0.108	0.113	0.086	0.115	0.021	0.032	0.064	0.057	0.093	0.053	0.022	0.007
L.G.																
Moyenne	0.46	0.51	0.69	0.47	0.57	0.61	0.61	0.82	1.04	0.87	0.85	0.92	0.49	0.47	0.73	0.53
Ecart-type	0.057	0.062	0.292	0.052	0.056	0.127	0.085	0.390	0.266	0.093	0.065	0.097	0.027	0.036	0.348	0.096
M.G.																
Moyenne	0.32	0.38	0.35	0.36	0.51	0.46	0.51	0.48	0.52	0.42	0.50	0.52	0.35	0.37	0.34	0.36
Ecart-type	0.042	0.029	0.037	0.041	0.045	0.047	0.045	0.056	0.045	0.031	0.049	0.057	0.030	0.021	0.032	0.036
Témoins																
P.G.																
Moyenne	0.46	0.50	0.46	0.51	0.59	0.63	0.62	0.73	0.51	0.48	0.54	0.60	0.47	0.47	0.47	0.47
Ecart-type	0.085	0.090	0.100	0.065	0.065	0.057	0.026	0.122	0.027	0.043	0.045	0.220	0.035	0.024	0.040	0.062
F.C.																
Moyenne	0.53	0.60	0.54	0.58	0.78	0.75	0.71	0.72	0.81	0.90	0.82	0.78	0.64	0.65	0.61	0.55
Ecart-type	0.060	0.128	0.035	0.082	0.110	0.067	0.070	0.060	0.034	0.102	0.177	0.055	0.104	0.077	0.120	0.057
R.B.																
Moyenne	0.36	0.36	0.38	0.37	0.45	0.52	0.47	0.43	0.64	0.59	0.63	0.60	0.43	0.54	0.49	0.47
Ecart-type	0.029	0.039	0.030	0.016	0.044	0.044	0.036	0.028	0.033	0.053	0.045	0.048	0.034	0.067	0.013	0.041
R.R.																
Moyenne	0.35	0.36	0.39	0.36	0.33	0.33	0.35	0.36	0.33	0.32	0.35	0.35	0.32	0.33	0.31	0.32
Ecart-type	0.026	0.018	0.041	0.041	0.037	0.027	0.025	0.022	0.028	0.012	0.027	0.016	0.012	0.022	0.016	0.022

Tableau 37

Legende: logarithme des temps de transport ajustés

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
1																
Moyenne	5.51	5.49	5.86	5.69	6.26	6.20	6.13	6.41	6.52	6.56	6.49	6.57	6.13	6.11	6.30	6.3
Ecart-type	0.181	0.056	0.492	0.141	0.239	0.130	0.118	0.106	0.178	0.119	0.112	0.309	0.194	0.252	0.100	0.33
2																
Moyenne	4.76	4.97	5.25	5.28	5.64	5.72	5.75	5.33	6.01	6.01	5.82	5.86	5.82	5.89	5.66	5.6
Ecart-type	0.402	0.236	0.223	0.183	0.616	0.368	0.361	0.685	0.069	0.092	0.174	0.167	0.306	0.184	0.108	0.04
3																
Moyenne	5.52	5.72	6.03	5.57	5.90	5.95	5.97	6.25	6.68	6.49	6.47	6.57	5.65	5.56	6.10	5.7
Ecart-type	0.207	0.260	0.524	0.215	0.194	0.402	0.301	0.544	0.328	0.163	0.116	0.147	0.122	0.226	0.564	0.34
4																
Moyenne	4.74	5.16	4.95	5.02	5.73	5.54	5.73	5.58	5.75	5.35	5.68	5.73	4.91	5.12	4.89	5.0
Ecart-type	0.421	0.290	0.309	0.306	0.154	0.197	0.154	0.277	0.187	0.257	0.192	0.314	0.426	0.153	0.269	0.27
1																
Moyenne	5.52	5.63	5.50	5.69	5.95	6.04	6.03	6.24	5.74	5.62	5.83	5.86	5.57	5.57	5.60	5.5
Ecart-type	0.280	0.343	0.338	0.250	0.225	0.157	0.080	0.217	0.117	0.214	0.161	0.474	0.149	0.147	0.164	0.28
2																
Moyenne	5.78	5.93	5.82	5.92	6.34	6.29	6.22	6.25	6.40	6.53	6.38	6.35	6.05	6.09	5.94	5.8
Ecart-type	0.269	0.371	0.145	0.236	0.210	0.164	0.194	0.130	0.101	0.165	0.287	0.186	0.254	0.189	0.373	0.18
3																
Moyenne	5.04	5.07	5.18	5.12	5.52	5.75	5.57	5.43	6.08	5.96	6.05	5.97	5.44	5.78	5.66	5.57
Ecart-type	0.268	0.249	0.150	0.139	0.205	0.182	0.179	0.140	0.085	0.137	0.151	0.203	0.200	0.280	0.068	0.187
4																
Moyenne	5.01	5.09	5.21	5.01	4.80	4.74	5.01	5.04	4.81	4.78	5.01	4.99	4.78	4.81	4.69	4.77
Ecart-type	0.179	0.138	0.239	0.291	0.270	0.536	0.233	0.160	0.246	0.141	0.179	0.124	0.141	0.299	0.244	0.201

Tableau 40

sujets: temps réel de retrait partiel (sec)

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
1																
Moyenne	1.81	1.17	1.69	1.59	3.42	3.27	3.27	3.60	5.44	3.93	2.99	3.79	1.84	1.89	2.02	1.95
Ecart-type	0.604	0.094	0.448	0.357	0.166	0.360	0.967	0.700	1.107	1.677	0.684	0.892	0.095	0.200	0.477	0.242
2																
Moyenne	2.04	1.57	3.97	1.83	10.23	5.44	5.33	2.28	2.88	3.10	2.40	2.66	2.65	2.21	1.68	1.61
Ecart-type	0.906	0.435	2.586	0.268	12.413	2.090	4.340	0.460	1.136	0.986	0.591	0.648	0.846	0.205	0.333	0.143
3																
Moyenne	1.94	1.31	1.72	1.83	1.42	1.32	1.57	1.90	2.43	3.13	2.24	3.16	1.88	1.70	2.50	1.73
Ecart-type	0.417	0.126	0.461	0.362	0.088	0.116	0.345	0.372	0.510	0.647	0.429	1.242	0.189	0.207	0.554	0.281
4																
Moyenne	2.11	2.31	1.49	1.70	1.97	1.66	1.95	2.35	1.96	1.87	2.42	1.46	1.54	1.49	1.41	1.65
Ecart-type	0.661	1.000	0.099	0.619	0.357	0.145	0.700	0.561	0.302	0.335	1.159	0.153	0.220	0.244	0.338	0.306
1																
Moyenne	1.74	2.39	1.86	1.45	1.46	1.60	1.77	1.47	1.07	1.54	1.62	1.34	1.15	1.18	1.41	1.41
Ecart-type	0.427	0.691	0.607	0.204	0.167	0.144	0.109	0.089	0.092	0.209	0.463	0.161	0.197	0.146	0.409	0.501
2																
Moyenne	1.96	1.70	1.54	1.89	2.64	2.38	2.33	1.82	2.79	2.75	3.44	2.32	1.95	2.01	2.07	1.70
Ecart-type	0.591	0.623	0.162	0.334	1.664	0.742	0.424	0.236	0.698	1.060	0.527	1.123	0.413	0.324	0.486	0.382
3																
Moyenne	1.67	1.44	1.80	1.83	1.21	1.86	1.38	1.20	2.24	1.82	1.66	2.78	1.54	2.53	1.38	1.17
Ecart-type	0.124	0.497	0.802	0.400	0.166	0.490	0.131	0.086	0.837	0.357	0.446	1.293	0.119	0.702	0.145	0.072
4																
Moyenne	0.81	0.90	0.99	0.80	0.89	0.86	1.00	0.87	1.28	0.85	1.08	1.10	0.74	1.16	0.86	0.84
Ecart-type	0.133	0.200	0.140	0.135	0.162	0.099	0.137	0.064	0.609	0.091	0.097	0.134	0.059	0.211	0.143	0.162

échantillons: logarithmes des temps de retrait partiels ajustés

Tableau 42

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
1																
Moyenne	6.97	6.27	6.86	6.80	7.93	7.86	7.80	7.96	8.43	7.99	7.71	8.01	7.09	7.12	7.16	7.14
Ecart-type	0.423	0.190	0.464	0.338	0.072	0.201	0.383	0.247	0.309	0.449	0.342	0.318	0.111	0.219	0.371	0.336
2																
Moyenne	6.95	6.74	7.80	7.06	8.30	8.34	8.10	7.36	7.59	7.69	7.41	7.55	7.51	7.35	6.86	6.88
Ecart-type	0.771	0.435	0.776	0.232	1.299	0.538	0.795	0.331	0.477	0.499	0.374	0.339	0.444	0.179	0.439	0.150
3																
Moyenne	7.11	6.50	6.87	7.01	6.65	6.50	6.75	7.11	7.45	7.77	7.35	7.74	7.11	6.92	7.44	6.95
Ecart-type	0.364	0.226	0.505	0.424	0.168	0.270	0.415	0.264	0.273	0.327	0.247	0.401	0.220	0.336	0.447	0.318
4																
Moyenne	7.18	7.24	6.74	6.84	7.16	6.92	7.05	7.39	7.13	7.08	7.31	6.68	6.74	6.71	6.50	6.87
Ecart-type	0.480	0.585	0.181	0.494	0.307	0.196	0.502	0.354	0.357	0.282	0.558	0.287	0.400	0.283	0.585	0.353
1																
Moyenne	6.92	7.37	6.99	6.64	6.69	6.86	7.02	6.72	6.06	6.78	6.78	6.52	6.14	6.26	6.52	6.42
Ecart-type	0.436	0.465	0.487	0.394	0.229	0.193	0.157	0.131	0.265	0.253	0.482	0.326	0.509	0.335	0.519	0.690
2																
Moyenne	7.06	6.81	6.79	7.04	7.33	7.35	7.39	7.03	7.58	7.55	7.90	7.27	7.12	7.16	7.20	6.89
Ecart-type	0.504	0.570	0.261	0.499	0.689	0.479	0.312	0.341	0.464	0.435	0.302	0.536	0.390	0.366	0.386	0.388
3																
Moyenne	6.92	6.54	6.81	6.97	6.32	7.04	6.60	6.33	7.18	7.00	6.81	7.40	6.80	7.39	6.59	6.28
Ecart-type	0.238	0.506	0.723	0.509	0.270	0.379	0.225	0.233	0.641	0.410	0.510	0.759	0.163	0.611	0.251	0.215
4																
Moyenne	4.72	5.24	5.74	4.76	5.35	5.26	5.77	5.46	6.09	5.30	6.08	6.07	4.53	6.10	5.15	5.06
Ecart-type	1.019	0.926	0.551	0.901	0.663	0.628	0.522	0.269	0.851	0.472	0.239	0.388	0.687	0.628	0.859	0.695

Tableau 44

Sujets: temps réel de retrait complet (sec)

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
1																
Moyenne	1.93	1.28	1.99	1.85	3.63	3.66	3.45	3.71	5.68	4.09	3.15	4.00	2.26	2.37	2.15	2.07
Ecart-type	0.594	0.124	0.697	0.314	0.139	0.596	0.976	0.709	1.066	1.719	0.714	0.904	0.401	0.454	0.443	0.288
2																
Moyenne	2.10	1.58	4.37	1.91	10.27	5.49	5.35	2.32	2.91	3.10	2.67	2.94	2.67	2.23	1.70	1.64
Ecart-type	0.889	0.429	2.491	0.232	12.388	2.123	4.330	0.462	1.118	0.997	0.970	0.539	0.836	0.223	0.340	0.165
3																
Moyenne	2.12	1.37	1.78	1.87	1.48	1.36	1.62	2.04	2.58	3.24	2.31	3.31	1.96	1.83	2.58	1.86
Ecart-type	0.341	0.119	0.436	0.358	0.088	0.129	0.352	0.317	0.595	0.672	0.432	1.184	0.203	0.240	0.545	0.274
4																
Moyenne	2.33	2.32	1.49	1.87	1.98	1.68	1.95	2.35	1.98	2.03	2.44	1.46	1.70	1.74	1.41	1.69
Ecart-type	0.574	0.999	0.099	0.936	0.352	0.169	0.700	0.561	0.313	0.284	1.187	0.153	0.140	0.313	0.338	0.323
1																
Moyenne	2.05	2.59	2.74	1.81	1.66	1.70	1.87	1.56	1.14	1.63	1.68	1.48	1.29	1.28	1.55	1.73
Ecart-type	0.347	0.704	0.776	0.274	0.137	0.190	0.089	0.090	0.106	0.193	0.480	0.152	0.190	0.181	0.464	0.402
2																
Moyenne	2.35	1.92	1.69	2.10	2.76	2.52	2.54	1.90	2.98	2.95	3.80	2.41	2.47	2.44	2.40	2.20
Ecart-type	0.911	0.911	0.177	0.417	1.654	0.715	0.504	0.218	0.765	1.273	0.546	1.180	0.646	0.574	0.610	0.329
3																
Moyenne	2.33	1.59	2.00	2.42	1.76	2.34	1.69	1.61	2.29	1.82	1.70	3.05	1.65	2.60	1.41	1.20
Ecart-type	0.291	0.538	0.742	0.506	0.189	0.532	0.301	0.210	0.865	0.360	0.421	1.403	0.114	0.756	0.188	0.090
4																
Moyenne	0.92	1.03	1.16	0.92	0.97	1.00	1.20	1.19	1.43	0.90	1.23	1.31	0.81	1.48	1.00	0.98
Ecart-type	0.128	0.137	0.131	0.191	0.179	0.114	0.281	0.247	0.621	0.101	0.182	0.205	0.065	0.249	0.130	0.169

Tableau 4b

sujets: logarithme des temps de retrait complet ajustés

	Champ visuel gauche								Champ visuel droit							
	Main gauche				Main droite				Main gauche				Main droite			
1 Michel																
Moyenne	7.08	6.46	7.08	7.06	8.00	7.98	7.88	8.01	8.48	8.04	7.77	8.08	7.37	7.41	7.28	7.22
Ecart-type	0.403	0.207	0.506	0.314	0.054	0.259	0.361	0.240	0.299	0.434	0.337	0.299	0.255	0.334	0.312	0.357
2 Sébas.																
Moyenne	7.04	6.76	7.98	7.13	8.31	8.35	8.11	7.37	7.61	7.69	7.51	7.70	7.52	7.36	6.88	6.91
Ecart-type	0.713	0.427	0.683	0.195	1.300	0.538	0.791	0.338	0.469	0.501	0.454	0.313	0.440	0.190	0.447	0.166
3 Linda																
Moyenne	7.26	6.59	6.95	7.05	6.74	6.57	6.81	7.22	7.53	7.81	7.39	7.81	7.16	7.04	7.50	7.08
Ecart-type	0.297	0.204	0.448	0.389	0.158	0.243	0.394	0.252	0.284	0.331	0.243	0.376	0.225	0.316	0.418	0.264
4 Mario																
Moyenne	7.33	7.25	6.74	6.91	7.17	6.93	7.05	7.39	7.15	7.21	7.32	6.68	6.96	6.96	6.50	6.90
Ecart-type	0.483	0.589	0.181	0.595	0.293	0.211	0.502	0.354	0.367	0.274	0.565	0.287	0.184	0.332	0.585	0.348
1 Pierre																
Moyenne	7.19	7.47	7.55	6.99	6.92	6.96	7.12	6.83	6.20	6.89	6.85	6.71	6.39	6.42	6.69	6.85
Ecart-type	0.375	0.480	0.469	0.440	0.196	0.207	0.098	0.126	0.252	0.204	0.457	0.301	0.468	0.328	0.518	0.626
2 Fred																
Moyenne	7.28	6.94	6.94	7.19	7.42	7.45	7.50	7.11	7.66	7.63	8.01	7.31	7.41	7.39	7.39	7.32
Ecart-type	0.586	0.638	0.237	0.490	0.652	0.423	0.354	0.300	0.481	0.459	0.325	0.545	0.479	0.493	0.428	0.267
3 Rita																
Moyenne	7.42	6.75	7.01	7.43	6.98	7.40	6.90	6.85	7.20	7.01	6.88	7.50	6.91	7.42	6.62	6.32
Ecart-type	0.199	0.461	0.680	0.364	0.327	0.268	0.348	0.296	0.660	0.413	0.444	0.797	0.164	0.620	0.289	0.249
4 Rocky																
Moyenne	5.54	5.92	6.23	5.15	5.65	5.83	6.20	6.16	6.46	5.51	6.32	6.44	4.94	6.69	5.77	5.58
Ecart-type	0.475	0.334	0.315	1.157	0.596	0.381	0.531	0.599	0.614	0.443	0.376	0.416	0.806	0.306	0.600	0.805

Remerciements

L'auteure tient à remercier son directeur de thèse, Madame Maryse Lassonde, Ph.D., professeure agrégée, pour l'appui intellectuel et pour l'aide technique apportés tout au long de cette recherche. L'auteure désire remercier Madame M.T. Perenin du Laboratoire de Neuropsychologie Expérimentale, INSERM U.94, Bron, France, pour le partage de son savoir-faire expérimental dans ce champ d'étude. Un dernier remerciement s'adresse à Monsieur M.A. Goodale, Ph.D., Department of Psychology, University of Western Ontario, Can., pour l'amabilité avec laquelle il a prêté de l'équipement et des locaux pour l'expérimentation, de même que pour sa participation à l'analyse des résultats.

Références

- Andersen, R.A., Essick, G.K., Siegel, R.M. (1985). Encoding of spatial location by posterior parietal neurons. Science, vol. 230, oct., 456-461.
- Balint, R. (1909). Seelenlähmung des "Schauens", optische Ataxie, räumliche Störung der Aufmerksamkeit. Monatschrift für Psychiatrie und Neurologie, 25, 51-81.
- Benoit, M. (1987). Rôle du corps calleux dans la précision du geste visuo-moteur. Mémoire de maîtrise es arts (psychologie), Université du Québec à Trois-Rivières.
- Blum, B. (1985). Manipulation reach and visual reach neurons in the inferior parietal lobule of the rhesus monkey. Behavioural Brain Research, 18, 167-173.
- Boller, F., Cole, M., Kim, Y., Mack, J.L., Patawaran, C. (1975). Optic ataxia: clinical-radiological correlations with the EMIsca. Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry, 38, 954-958.
- Brinkman, C. (1984). Supplementary motor area of the monkey's cerebral cortex: short- and long-term deficits after unilateral ablation and the effects of subsequent callosal section. The journal of neurosciences, vol. 4, no 4, 919-928.
- Brinkman, C., Kuypers, H.G.J.M. (1973). Cerebral control of contralateral and ipsilateral arm, hand and finger movements in the split-brain rhesus monkey. Brain, 96, 653-674.
- Castaigne, P., Rondot, P., Ribadeau Dumas, J.L., Tempier, P. (1975). Ataxie optique localisée au côté gauche dans les deux hémichamps visuels homonymes gauches. Revue neurologique, 131, 23-28.
- Cole, M., Schutta, H.S., Warrington, E.K. (1962). Visual disorientation in homonymous half-fields. Neurology, 12, 257-263.
- Damasio, A.R., Benton, A.L. (1979). Impairment of hand movements under visual guidance. Neurology, 29, 170-174.

- Delis, D.C., Kramer, J.H., Kiefner, M.G. (1988). Visuospatial functioning before and after commissurotomy. Archives of Neurology, 45, no 4, 462-465.
- Delmas, A. (1975). Voies et centres nerveux: introduction à la neurologie (10e éd. rev. et augm.). Masson, Paris: Masson.
- De Renzi, E. (1982). Disorders of space exploration and cognition. Wiley: New-York.
- Dimond, S.J., Scammell, R.E., Brouwers, E.Y.M., Weeks, R. (1977). Functions of the centre section (trunk) of the corpus callosum in man. Brain, 100, 543-562.
- Dubret, G. et Cousin, F.R. (1985). Eléments d'anatomie et de physiologie du système nerveux central. Flammarion: Paris.
- Eidelberg, G., Galaburda, A. (1982). Cytoarchitectonic asymmetry in the human parietal lobe. Neurology, 32, 126 A.
- Ferro, J.M. (1984). Transient inaccuracy in reaching caused by a posterior parietal lobe lesion. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 47, 1016-1019.
- Ferro, J.M., Bravo-Marques, J.M., Castro-Caldas, A., Antunes, L. (1983). Crossed optic ataxia: possible role of the dorsal splenium. Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry, 46, 533-539.
- Fisk, J., Goodale, M.A. (1985). The organization of eye and limb movements during unrestricted reaching to targets in contralateral and ipsilateral visual space. Experimental brain research, 60, 159-178.
- Garcin, R., Rondot, P., De Recondo, J. (1967). Ataxie optique localisée aux deux hémichamps homonymes gauches. Revue neurologique, 116, 707-714.
- Gazzaniga, M.S. (1966). Interhemispheric communication of visual learning. Neuropsychologia, 4, 183-189.
- Gazzaniga, M.S. (1969). Eye position and visual motor coordination. Neuropsychologia, 7, 379-382.
- Gazzaniga, M.S. (1970). The bisected brain. New-York: Appleton-Century-Crofts.

- Gazzaniga, M.S. (1987). Perceptual and attentional processes following callosal section in humans. Neuropsychologia, 25, 119-133.
- Gazzaniga, M.S., Bogen, J.E., Sperry, R.W. (1965). Observations on visual perception after disconnection of the cerebral hemispheres in man. Brain, 88, 221-236.
- Georgopoulos, A. P. (1986). On reaching. Annual Review of Neuroscience, 9, 147-170.
- Georgopoulos, A.P. (1987). Cortical mechanisms subserving reaching. in Ciba Foundation Symposium on Motor Areas of the Cerebral Cortex, no 132, 125-132.
- Georgopoulos, A.P., Kalaska, J.F. & Caminiti, R. (1985). Relations between two-dimensional arm movements and single-cell discharge in motor cortex and area 5: movement direction versus movement end point. in A.W. Goodwin, I. Darian-Smith (Eds.): Hand Function and the Neocortex. (pp. 175-183). Experimental Brain Research Supplementum 10. Springer-Verlag.
- Geschwind, N. (1965). Disconnection syndromes in animals and man. Brain, 88, 237-294.
- Geschwind, N., Levitsky, W. (1968). Human brain left-right asymmetries in temporal speech region. Science, 161, 186-187.
- Goodale, M.A. (1988). Hemispheric differences in motor control. Behavioural brain research, 30, 203-214.
- Haaxma, R., Kuypers, H. (1975). Intrahemispheric cortical connexions and visual guidance of hand and finger movements in the rhesus monkey. Brain, 98, 239-260.
- Hécaen, H., Ajuriaguerra, J. de (1954). Balint's syndrome (psychic paralysis of visual fixation) and its minor forms. Brain, 77, 373-400.
- Hécaen, H., Ajuriaguerra, J. de, Rouques, L., David, M., Dell, M.B. (1950). Paralysie psychique du regard de Balint au cours de l'évolution d'une leuco-encéphalite type Balo. Revue Neurologique, 83, 81-104.
- Holmes, G. (1918). Disturbance of visual orientation. British journal of ophthalmology, 2, 449-468, 506-516.

- Holtzman, J.D. (1985). Eye movement control following corpus callosotomy in humans. in M.I. Posner, O.S.M. Marin (Eds.): Attention and Performance XI. (pp. 425-440). New-Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Hyvärinen, J. (1981). Functional mechanisms of the parietal cortex. in E. Grastyn et P. Molnarg (Eds.): Advanced physiological sciences, Vol. 16. Sensory functions, Kiado: Pergamon Press & Akademian, 139, 309-326.
- Jeannerod, M. (1986a). The formation of finger grip during prehension. A cortically mediated visuomotor pattern. Behavioural Brain Research, 19 (2), 99-116.
- Jeannerod, M. (1986b). The role of vision in the patterning of prehension movements. in F. Leporé, M. Ptito, H.H. Jasper (Eds.): Two Hemispheres - One Brain. (pp. 369-383). New-York: Alan R. Liss. Inc.
- Jeannerod, M., Biguer, B. (1982). Visuomotor mechanisms in reaching within extrapersonal space. in D.J. Ingle, M.A. Goodale, R.J.W. Mansfield (Eds.): Analysis of Visual Behavior (pp. 387-409). Cambridge Mass., London Engl.: MIT Press.
- Jeeves, M.A. (1965). Psychological studies of three cases of congenital atresia of the corpus callosum. in, E.G. Ettingler (Ed.): Functions of the corpus callosum. (pp. 77-94). London: Churchill.
- Jeeves, M.A. (1969). A comparison of interhemispheric transmission time in acallosals and normals. Psychonom. Sci. 16, 245-246.
- Jeeves, M.A. (1986). Callosal agenesis: neuronal and developmental adaptations. in F. Leporé, M. Ptito, H.H. Jasper (Eds.): Two Hemispheres - One Brain. (pp. 403-421). New-York: Alan R. Liss. Inc.
- Jeeves, M.A., Silver, P.H. (1988). The formation of finger grip during prehension in an acallosal patient. Neuropsychologia (England), 26, 153-159.
- Jeeves, M.A., Silver, P.H., Jacobson, I. (1988). Bimanual coordination in allosal agenesis and partial commissurotomy. Neuropsychologia (England), 26, 833-850.
- Kalaska, J.F., Cohen, D.A.D., Hyde, M. (1985). Le rôle des cortex moteur et pariétal dans le contrôle des mouvements

- visuellement guidés. L'Union médicale du Canada, 114, 1006-1010.
- Kimura, D. (1980). Translations from Liepmann's essays on apraxia, Department of Psychology Research Bulletin, 506, University of Western Ontario, London, Canada.
- Kimura, D. (1982). Left-hemisphere control of oral and brachial movements and their relation to communication. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Ser. B, 135-149.
- Kimura, D., Archibald, Y. (1974). Motor functions of the left hemisphere. Brain, 97, 337-350.
- Kolb, B., Whishaw, I.Q. (1985). Fundamental of human neuropsychology, second edition. New-York: W.H. Freeman.
- Kuypers, H.G.J.M. (1973). The anatomical organization of the descending pathways and their contributions to motor control especially in primates. in J. Desmedt (Ed.): New developments in electromyography and clinical neurophysiology. (Vol. 3, pp. 38-68). Basel: Karger.
- Lassonde, M. (1986). The facilitatory influence of the corpus callosum on intrahemispheric processing. in F. Leporé, M. Ptito, H.H. Jasper (Eds.): Two Hemispheres - One Brain. (pp. 385-401). New-York: Alan R. Liss. Inc.
- Lassonde, M., Leporé, F., Ptito, M. (1987). Les fonctions calleuses. in M.I. Botez (Ed.): Neuropsychologie clinique et neurologie du comportement. (pp. 183-203). Presses de l'Université de Montréal et Masson.
- Lassonde, M., Sauerwein, H., McCabe, N., Laurencelle, L., Geoffroy, G. (1988). Extent and limits of cerebral adjustment to early section or congenital absence of the corpus callosum. Behavioural brain research, 30, 165-181.
- Lawrence, D.G., Kuypers, H.G.J.M. (1968). The functional organization of the motor system in the monkey. II. The effects of lesions of the descending brain-stem pathways. Brain, 91, 15-36.
- Levine, D.N., Calvanio, R. (1980). Visual discrimination after lesion of the posterior corpus callosum. Neurology, 30, 21-30.

- Levine, D.N., Kaufman, K.J., Mohr, J.P. (1978). Inaccurate reaching associated with a superior parietal lobe tumor. Neurology, 28, 556-561.
- Martin, A. (1985). A qualitative limitation on visual transfer via anterior commissure. Brain, 108, 43-63.
- Milner, A.D., Jeeves, M.A. (1979). A review of behavioural studies of agenesis of the corpus callosum. in, I.S. Russell, M.W. van Holf, G. Berlucchi: Structure and function of cerebral commissures, London: MacMillan, pp. 428-448.
- Milner, A.D., Jeeves, M.A., Silver, P.H., Lines, C.R., Wilson, J. (1985). Reaction times to lateralized visual stimuli in acallosal agenesis: stimulus and response factors. Neuropsychologia, 23 (3), 323-331.
- Mountcastle, V.B., Motter, B.C., Anderson, R.A. (1980). Some further observations on the functional properties of neurons in the parietal lobe of the waking monkey. Behavioral and Brain Sciences, 3, 520-522.
- Mountcastle, V.B., Lynch, J.C., Georgopoulos, A., Sakata, H., Acuna, C. (1975). Posterior parietal association cortex of the monkey. Command functions for operations within extrapersonal space. Journal of Neurophysiology, 38, 871-908.
- Nolin, P. (1983). Evaluation neuropsychologique de l'agénésie du corps calleux. Mémoire de maîtrise es arts (psychologie), Université du Québec à Trois-Rivières.
- Paillard, J. Beaubaton, D. (1975). Problèmes posés par le contrôle visuel de la motricité proximale et distale après disconnexion hémisphérique chez le singe, in B. Schott, G. Michel (Eds.): Les syndromes de disconnexion calleuse chez l'homme. (pp. 137-171), Lyon: Colloque International.
- Pandya, D.N., Seltzer, B. (1986). The topography of commissural fibers. in F. Lepore, M. Ptito, H.H. Jasper (Eds.): Two Hemispheres - One Brain. (pp. 47-73). New-York: Alan R. Liss. Inc.
- Pandya, D.N., Karol, E.A., Heilbronn, D. (1971). The topographic distribution of interhemispheric projections in the corpus callosum of the rhesus monkey. Brain research, 32, 31-43.

- Passingham, R.E. (1987). Two cortical systems for directing movement. in Ciba Foundation Symposium on Motor Areas of the Cerebral Cortex, no 132, 151-161.
- Perenin, M.T., Vighetto, A. (1988). Optic ataxia: a specific disruption in visuomotor mechanisms. I. Different aspects of the deficit in reaching for objects. Brain, 111, 643-674.
- Perenin, M.T., Vighetto, A., Mauguière, F., Fischer, C. (1979). L'ataxie optique et son intérêt dans l'étude de la coordination oeil-main. Lyon Médical, 242, 17, 349-358.
- Preilowski, B.F.B. (1975). Bilateral motor interaction: perceptual motor performance of partial and complete "split-brain" patients. in K.T. Zulch, O. Creutzfeld, G.C. Galbraith (Eds.): Cerebral localization (pp. 116-131). Berlin: Springer.
- Ratcliff, G., Davies-Jones, G.A.B. (1972). Defective visual localization in focal brain wounds. Brain, 95, 49-60.
- Robinson, D.L., Goldberg, M.E., Stanton, G.B. (1978). Parietal association cortex in the primate: sensory mechanisms and behavioral modulations. Journal of neurophysiology, 41, 910-932.
- Rohmer, F., Wackenheim, A., Vrousos, C. (1959). Les agénésies du corps calleux, Paris: Masson.
- Roland, P.E. (1985). Somatosensory detection in man. in A.W. Goodwin & I. Darian-Smith (Eds.): Hand Function and the Neocortex. (pp. 93-110). Experimental Brain Research Supplementum 10. Springer-Verlag.
- Rondot, P. (1978). Le geste et son contrôle visuel. Ataxie visuo-motrice. in H. Hécaen, M. Jeannerod, (Eds.): Du contrôle moteur à l'organisation du geste (pp. 330-342). Paris: Masson.
- Rondot, P., De Recondo, J. (1974). Ataxie optique: trouble de la coordination visuo-motrice. Brain research, 71, 367-375.
- Rondot, P., De Recondo, J., Ribadeau Dumas, J.L. (1977). Visuomotor ataxia. Brain, 100, 355-376.
- Sperry, R.W. (1961). Cerebral organization and behavior. Science, 133, 1749-1757.

- Sperry, R.W., Gazzaniga, M.S., Bogen, J.E. (1969). Interhemispheric relationships: the neocortical commissures, syndromes of hemisphere disconnection. in P.J. Vinken & G.W. Bruyn (Eds.): Handbook of clinical neurology, Vol. 4, Amsterdam: Elsevier, pp. 273-290.
- Stenvers, H.W. (1961). Les réactions optomotrices. Contribution à l'étude des fonctions du cerveau. Paris: Masson et cie.
- Tzavaras, A., Masure, M.C. (1976). Aspects différents de l'ataxie optique selon la latéralisation hémisphérique de la lésion. Lyon médical, 236, 19, 673-683.
- Tzavaras, A., Ozonas, G., Chodkiewicz, J.P. (1975). Apraxie idéo-motrice à prédominance unilatérale gauche avec ataxie optique lors d'une lésion pariétale gauche, in B. Schott, F. Michel, (Eds.): Les syndromes de disconnexion calleuse chez l'homme. (pp. 265-285).
- Volpe, B.T., Sidtis, J.J., Holtzman, J.D., Wilson, D.W., Gazzaniga, M.S. (1981). Cortical mechanisms involved in praxis: observations following partial and complete section of the corpus callosum in man. Neurology, 32, 645-650.
- von Bonin, G. (1962). Anatomical asymmetries of the cerebral hemispheres. in V. Mountcastle (Ed.): Interhemispheric relations and cerebral dominance, Baltimore, MD, John Hopkins University Press.
- Ungerleider, L.G., Mishkin, M. (1982). Two cortical visual systems. in D.J. Ingle, M.A. Goodale, R.J.W. Mansfield (Eds.): Analysis of Visual Behavior (pp. 549-586). Cambridge Mass., London Engl.: MIT Press.
- Wiesendanger, M., Hummelsheim, H., Bianchetti, M., Chen, D.F., Hyland, B., Maier, V., Wiesendanger, R. (1987). Input and output organization of the supplementary motor area. in Ciba Foundation Symposium on Motor Areas of the Cerebral Cortex, no 132, 40-53.